

79982

Диссертация

Не выдается

**Т Р У Д Ы**

**ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК**

**ВЫПУСК 67**

**КАЛИЛОВСКИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
КОМПЛЕКСНЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД**

ТРУДЫ  
ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

ВЫПУСК 67. СЕРИЯ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ (№ 6)

Б. П. КРОТОВ, Г. И. ТЕОДОРОВИЧ,  
М. И. КАЛГАНОВ, А. Л. ЯНИЦКИЙ,  
В. Е. ЯГАНОВА, С. Д. ЛЕВИНА,  
Я. И. ДОЛИЦКИЙ, В. В. КОНДАКОВ,  
Ю. Р. ТИШБЕЙН и Н. В. ЛАЗАРЕВ

ХАЛИЛОВСКИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
КОМПЛЕКСНЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД

Главный редактор Директор ИГиН АН СССР чл.-корр. *И. Ф. Григорьев*  
Отв. редактор *А. Г. Бстехтин*

## ОТ РЕДАКЦИИ

Детальное геологическое изучение Халиловских железорудных месторождений, проведенное под руководством Б. П. Кротова, пробудило интерес в сущности к новому виду минерального сырья для черной металлургии. В результате этих исследований выявилась возможность получения слаболегированного чугуна и стали из этих руд, содержащих в небольших количествах никель и хром. На базе халиловских руд, как известно, XVIII съездом ВКП(б) было решено построить новый металлургический завод на Южном Урале.

Изучение Халиловских месторождений имело и другое важное последствие. Оно положило начало ревизии промышленного значения других уральских месторождений железа, генетически связанных с процессом разрушения массивов ультраосновных пород. Эти исследования, хотя еще и не закончены в настоящее время, уже имеют положительные результаты.

Редакция считает также необходимым сделать некоторые замечания по поводу употребляемой Б. П. Кротовым и его сотрудниками геологической терминологии. Прежде всего следует указать, что употребление названия «гидрогетит» вместо давно укоренившегося названия «лимонит» вызывает большую дискуссию. Если тот вид гидроокислов железа, который назывался и называется лимонитом, является по существу гидрогетитом, то это обстоятельство еще не обязывает менять широко принятое название минерала. Точно то же самое относится к названию «гетит», которое сам Б. П. Кротов также признает исторически неправильным, однако считает целесообразным сохранить его.

Вызывает возражение и употребление термина «бобы» для сферических образований, не имеющих концентрически-слоистого строения (в отличие от оолитов), и при том независимо от их размеров. Как известно, термины «бобовая руда», «гороховая руда», «маковая руда» давно уже привились в горной практике, как термины, указывающие именно на размер составляющих руду сферических образований, и имеют практический смысл при опробовании и обогащении руд. Шаровидные образования, не имеющие настоящей оолитовой структуры, согласно предложению Циркеля (1893 г.) принято называть псевдооолитами (см. петрографические словари). Нет никакого смысла менять это название.

*А. Г. Бетехтин*

# І. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ХАЛИЛОВСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

(Б. П. Кротов)

## ВВЕДЕНИЕ

Халиловские железорудные месторождения, открытые в 1929 г. И. Л. Рудницким, по литературным данным, в генетическом отношении связывались с халиловским перидотитовым массивом, что доказывалось приуроченностью месторождения к серпентинизированным перидотитовым породам и присутствием в составе руд хрома и никеля. Однако условия концентрации железа, хрома и никеля не были достаточно выяснены, и в литературе высказывались два исключаящих друг друга взгляда на генезис месторождения, а именно: 1) образование путем концентрации в качестве остаточных продуктов при латеритовом выветривании и 2) осаждение из водных бассейнов.

Выяснение условий концентрации крупных масс железа с примесью хрома и никеля представляет громадный научный интерес, в особенности имея в виду большое распространение на Урале ультраосновных пород. Вместе с тем это изучение имеет и важное практическое значение, так как точное установление условий залегания месторождения и условий концентрации железа даст обоснование для постановки поисков новых месторождений этого типа на Урале.

Первоначально, в 1935 г., работа была задумана как чисто минералого-геохимическая, но в виду обнаружившихся затруднений в использовании халиловских руд, обусловленных недостаточной геохимической и геологической изученностью Халиловских месторождений, план работ в 1936 г. был расширен. В план было внесено выяснение содержания и закономерностей распределения различных примесей в месторождениях, а также углубленное изучение геологии месторождений. В течение 1936—1938 гг. сотрудниками Геологического института, позднее вошедшими в состав Южно-Уральской экспедиции СОПС, были изучены месторождения Ново-Петропавловское, Георгиевское, Ново-Киевское, Промежуточное, Мало-Халиловское, Орловское и Аккермановское, составлены их геологические описания и выяснены закономерности распределения примесей легирующих элементов в Халиловских месторождениях.

Изучение месторождений в полевой и камеральный период производилось под руководством Б. П. Кротова сотрудниками Института: А. Л. Яницким, С. Д. Левиной, М. И. Калгановым, В. Е. Ягановой, Г. И. Теодоровичем и Т. И. Столяровой. Изучением вопросов экономического характера занимались Я. И. Долицкий, В. В. Кондаков и Ю. Р. Тишбейн.

Химические анализы руд Халиловских месторождений выполнялись под руководством Н. В. Лазарева, которым написана специальная статья по вопросу о методике анализов. Статья имеет теоретическую и практическую ценность, особенно для химиков, которые будут изучать сложный химический состав халиловских и аналогичных им руд.

Затянувшаяся организация собственного рентгеновского кабинета в Институте геологических наук Академии Наук не дала возможности точной диагностики железистых хлоритов Халиловских месторождений,

которые по своему составу не вполне укладываются в виды, выделенные Орседем, и требуют дальнейшего изучения.

По той же причине остался не решенным окончательно вопрос о природе воды в гидрогетитах. Поэтому в настоящей работе под гидрогетитом понимается, как и в алапаевской работе (Кротов и др., 1936, стр. 16), минерал, содержащий больше воды, чем полагается гетиту, и меньше, чем полагается по формуле лимонита. Согласно мнению Н. С. Курнакова и Е. Я. Роде, избыток воды относится к типу воды цеолитной, т. е. к слабо связанной воде, входящей в решетку минерала. В ближайшее время, после завершения организации рентгеновской лаборатории в Институте, будет продолжено изучение характера воды в гидрогетите и, таким образом, установлено или отвергнуто право гидрогетита на самостоятельность как минерального вида.

Сотрудники железорудной группы Института геологических наук в своих исследованиях базировались на детальном геологическом описании района бригадой ЦНИГРИ под руководством Н. К. Разумовского и на работе П. Л. Безрукова и А. Л. Яншина, в которой освещена геологическая история Орско-Халиловского района в мезо-кайнозойское время, ограничив свои исследования непосредственными окрестностями изучаемых месторождений, для которых сотрудниками Академии Наук были составлены геологические карты в масштабе 1 : 5000. Самые описания геологии отдельных месторождений представлены в кратком виде и имеют задачей дать общую характеристику условий залегания месторождений. Вместе с тем железорудная группа провела изучение кроющей толщи мезо-кайнозоя в районе отдельных месторождений, имея в виду важность этого для разведки и эксплуатации месторождений и для разъяснения генезиса руд.

Особенный интерес для этих целей представляет кора выветривания серпентинитов, на которых залегают железорудные месторождения халиловского типа, так как ранее и сами месторождения считались остаточными продуктами при латеритном выветривании серпентинитов.

Изучением древней коры выветривания в региональном масштабе и связанных с нею месторождений никеля и кобальта на Южном Урале, одновременно с изучением железорудных месторождений железорудной группой, занималась особая группа сотрудников Института геологических наук Академии Наук под руководством И. И. Гинзбурга. Поэтому железорудная группа ограничилась только изучением тех выходов различных зон коры выветривания, которые обнажались в выработках и разрезах, и дала краткое описание этих образований, увязавшись при этом с работой группы Гинзбурга. Для железорудной группы образования коры имели особенный интерес еще и в том отношении, что так называемая нонtronитовая зона коры и зона охры содержат значительное количество железа, никеля и кобальта, и могут идти в качестве добавки к железным рудам при их плавке.

На широком совещании по использованию халиловских руд, организованном Геолого-географической группой Академии Наук и Народным комиссариатом тяжелой промышленности в 1938 г., выяснилась полная возможность эксплуатации Халиловских месторождений и получения из руд слаболегированного чугуна и стали. Таким образом, отпали все затруднения в использовании халиловских руд, и на XVIII съезде ВКП(б) было постановлено начать постройку металлургического завода на базе халиловских руд еще в течение 3-й пятилетки.

## **ПОНЯТИЕ О ХАЛИЛОВСКОМ ТИПЕ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Первые краткие данные о Халиловских месторождениях появились в работе Г. Б. Бокия, который в качестве рабочей гипотезы высказал мнение о принадлежности их руд к числу латеритовых, хотя оолито-

вые руды, прикрывающие нижние, сложенные охристыми рудами горизонты рудного тела (латеритовые руды), по его представлению, возможно образовались в качестве нормальных осадочных отложений. Руды Халиловских месторождений по минералогическому составу он отнес к бурым железнякам, но отметил присутствие в них магнетита, хромшпинелида и никеля, что он ставил в связь с условиями образования этих месторождений как остаточных продуктов от выветривания серпентинитов.

Взгляд Г. Б. Бокия был принят целым рядом геологов, изучавших Халиловские месторождения. Встречаются лишь некоторые вариации взгляда Г. Б. Бокия, главным образом касающиеся оолитовых руд: некоторые геологи считали оолитовые руды продуктом изменения охристых руд под влиянием более поздних процессов, вызвавших перегруппировку их минерального вещества.

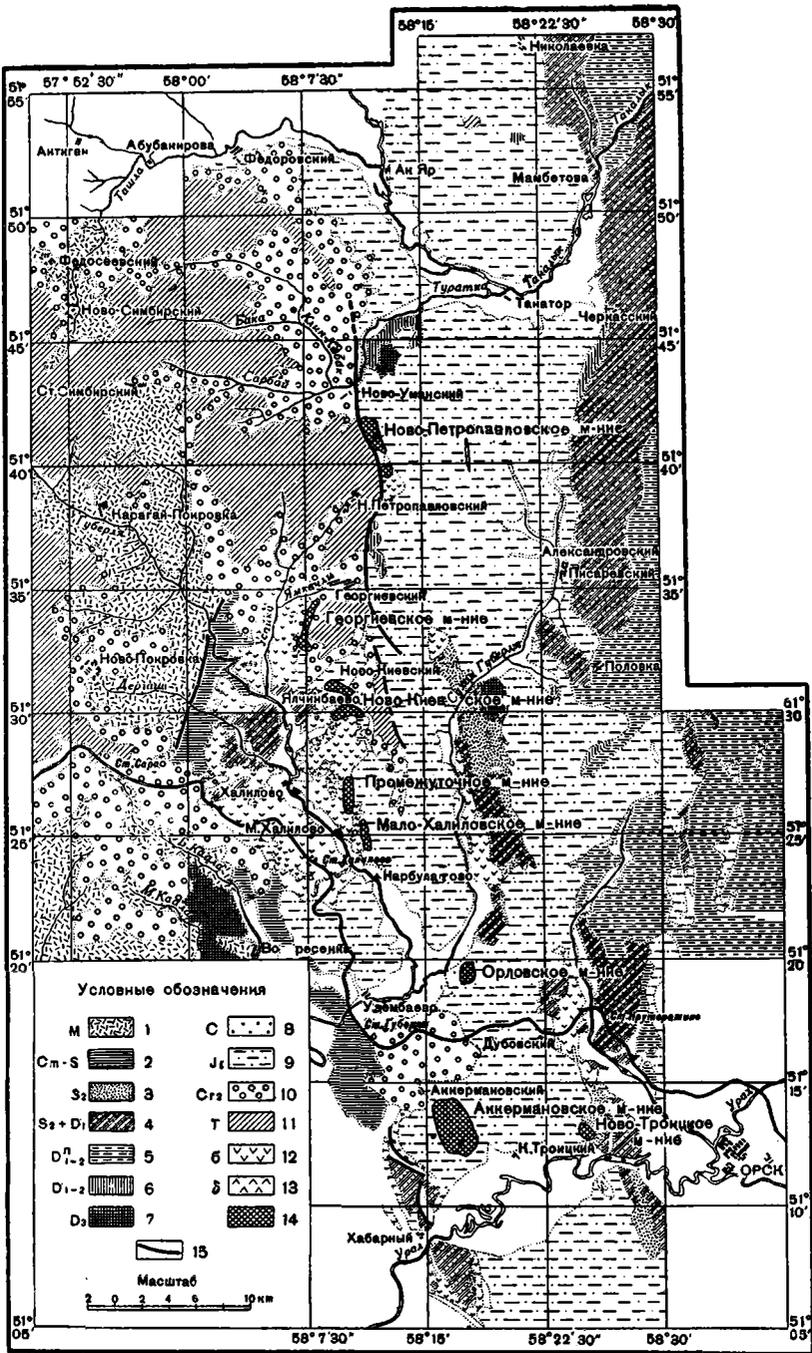
Иное представление о халиловском типе месторождений создано у П. Л. Безрукова и А. Л. Яншина (1934). Эти геологи отнесли Халиловские месторождения к чистому осадочному типу месторождений. Они считают, что Халиловские месторождения залегают по большей части на серпентинитах, но отчасти и на других породах — кремнистых сланцах и эффузивных породах. В некоторых случаях руды халиловского типа месторождений залегают на охрах, представляющих собой продукт выветривания серпентинитов. Осадочные месторождения халиловского типа в вертикальном направлении разделяются на два слоя; внизу залегают глинистый железняк, который халиловские работники называют латеритовым. Он прикрыт пластом бобовых руд или, по местной терминологии, оолитовых руд. Эти два слоя в Халиловских месторождениях авторы считают аналогичными глинистому латериту и бобовому железняку Переволоченского месторождения бокситов. Бобовые руды Халилова по направлению на восток местами обогащаются обломочным материалом и переходят в рыхлые песчаники с отдельными бобами, залегающие среди хайбуллинских глин. Бобовые руды покрываются серыми глинами, которые местами заключают в себе бобы бурого железняка.

Опытная плавка халиловских руд, производившаяся в 1932 г. (Коробов, 1932), и последующие плавки их (Коробов, 1933) вызвали изменение взгляда на халиловские руды. В первое время на них смотрели как на обычные бурые железняки, а имевшимся в них примесям хрома, никеля, марганца и титана не придавали особого значения. После опытной плавки, наоборот, наличие примеси хрома и никеля в рудах послужило основанием к выделению их в группу комплексных железных хромо-титано-никелевых руд, особая ценность которых заключается именно в присутствии в них хрома и никеля. В то время стало известно также о присутствии в халиловских рудах еще кобальта и ванадия. Выяснилось, что путем плавки халиловских руд получают слаболегированные хромо-никелевые чугуны и сталь. Поэтому к халиловским рудам были выработаны особые кондиции как к комплексным хромо-никелевым рудам.

Исследования группы сотрудников Института геологических наук показали, что Халиловские железорудные месторождения относятся к типу осадочных диагенетически измененных месторождений, позднее обогащенных при выветривании.

Халиловские железорудные месторождения (фиг. 1) залегают на размытой поверхности палеозоя, сложенного серпентинизированными перидотитами и частично кремнистыми сланцами и эффузивами, покрытыми корой выветривания.

Месторождения подстилаются разными породами и разными зонами коры выветривания, причем в коре выветривания иногда наблюдаются карстообразные понижения.



Фиг. 1. Карта распространения железорудных месторождений в Орско-Халиловском районе. Составлена по карте А. Л. Яншина

1—метаморфические сланцы; 2—катралинская, кидрясовская, курганская свиты и покровные альбитофиры; 3—сакмарская свита — кремнистые сланцы; 4—диабазовые порфиры и диабазовые туфы, покровные и жильные альбитофиры; 5—кремнистые туфы, известково-глинистые и кремнистые сланцы с растительными остатками; 6—яшмы, кремнистые сланцы, кремнистые туфы, известково-глинистые и глинистые сланцы; 7—песчаники и сланцы зилаирской свиты; 8—известняки карбона; 9—континентальная юра; 10—континентальный мел; 11—третичные отложения; 12—серпентиниты; 13—габбро; 14—м-ния железных руд; 15—надвиги

Рудное месторождение представляло собой свиту слоистых пород, в которых первоначальная слоистость в значительной степени затухана диагенетическими процессами и последующим выветриванием, причем вместе с тем иногда возникает вторичная слоистость. Месторождение в горизонтальном и вертикальном направлениях переходит в обычные юрские отложения и потому является одной из фаций юры; возраст рудного месторождения определяется как средний или верхний лейас по остаткам флоры, *Hausmannia cf. crenata* Nath., *Cladophlebis* sp. ex gr., *Cl. neblensis* Brongn., *Neocalamites* sp. ind. *Ginkgo sf. incisa* Eichw., *Pityphyllum angustifolium* Nath., *Pityphyllum* sp., *Pityphyllum* sp. cf., *P. dahurica* Prun., которые встречались в покрывающих осадках и частью в глинистых пропластках самой рудной толщи. Рудные месторождения представляют пластообразные залежи и состоят обычно из трех типов руд, правильно сменяющих друг друга в вертикальном направлении снизу вверх: а) гидрогетит-хлоритовых слоистых руд, б) гидрогетит-хлоритовых бобово-оолитовых руд и в) глинистых конгломератовидных гидрогетит-хлоритовых бобово-оолитовых руд. Примеси хромшпинелидов встречаются приблизительно в одинаковом количестве во всех трех типах руд: никель приурочен в большем количестве к нижним горизонтам рудного тела, хотя встречается и в остальных типах руд. Комплексными хромо-никелевыми железными рудами является нижняя толща слоистых руд, которые удовлетворяют кондиционным требованиям ГУМП 1935 г. по содержанию железа и никеля и по отношению хрома к никелю. Бобово-оолитовые руды, как имеющие высокое отношение хрома к никелю, можно назвать хромистыми рудами, а самые верхние горизонты рудной толщи обогащены обломками каолина и гидраргиллита и потому более бедны железом и никелем, но содержат повышенное количество кремнезема и глинозема. Их нужно выделять как глиноземистые руды с повышенным содержанием хрома и титана.

Генезис Халиловских железорудных месторождений на основании наших исследований представляется в следующем виде. В юрское время в пределах Баймакской депрессии накапливались континентальные отложения. В пределах Халиловского района среди депрессии существовало несколько озер, в которые приносились стекающими с берегов водами механическим путем продукты выветривания окружающих пород и частью различные обломки пород из более удаленных районов. По мере заполнения осадками озера заболачивались. Рудные месторождения халиловского типа представляли собой первоначально механические и химические отложения вдоль берегов этих бассейнов, а частью, может быть, и в заливах их. Современные слоистые руды в то время были образованы из рыхлых продуктов выветривания серпентинитов. В нижней части они были сложены по преимуществу из обломков серпентинитов и продуктов выветривания их и имели слоистое сложение; выше к этим продуктам примешивался песчанистый материал и немного растительных остатков. В зоне, переходной к бобово-оолитовым рудам, к обломочному материалу начинают примешиваться химические осадки — оолиты железистого хлорита, и породы переходят в бобово-оолитовые руды. В составе этих руд принимают участие оолиты железистого хлорита, бобы гидрогетита, песчинки хромшпинелидов, магнетита, гидрогетита и перемытой бобово-оолитовой руды, обломки растений, обычно оруденелые. В промежутках между ними находилась рыхлая песчано-глинистая масса из продуктов выветривания серпентинитов и других пород. Кверху к этим продуктам примешивалось все большее количество крупнообломочного материала, состоящего из каолиновой глины.

Этот слабо уплотненный обломочный материал, смешанный с продуктами химического осаждения, подвергся процессу хлоритизации сверху. Процесс хлоритизации нужно считать процессом диагенетическим, обус-

ловленным повышением концентрации вод и изменением физико-химических условий среды в заболоченных озерах. Он привел к замещению рыхлого механического материала железистыми хлоритами несколько варьирующего состава, частично хлоритизации подверглись и железистые бобы.

В результате первоначальная слоистость в большей или меньшей степени была затухана и порода обогатилась железом и глиноземом. Вместе с тем обычно внизу рудного тела возникала вторичная слоистость. Растворы, производившие хлоритизацию, содержали железо и глинозем, причем последний местами выделялся в виде гидрагиллита и алломогеля в верхних частях рудной толщи и обусловил этим повышение содержания глинозема в рудах этой части месторождения.

После своего образования месторождения были покрыты юрскими, меловыми и частью третичными осадками, причем меловые и третичные отложения лежат местами с размывом на юре и на рудной толще.

Неоднократно рудные месторождения попадали в зону поверхностного выветривания и находятся в этой зоне и в настоящее время. Процессы выветривания вызвали частичное разложение железистых хлоритов, вынос кремнезема и обогащение окислами железа. Окислы железа при выветривании частично мигрировали вниз.

Таким образом, современные Халиловские месторождения представляют гидрогетит-хлоритовые, бобово-оолитовые и слоистые осадочные железорудные месторождения, содержащие примеси хрома, никеля, кобальта, марганца и титана и образовавшиеся в бассейнах озерно-болотного типа.

В целом ряде мест железорудные Халиловские месторождения залегают на охристо-кремнистых гидрогетитовых рудах, которые связаны постепенными переходами с корой выветривания серпентинитов и представляют собой продукты замещения гидрогетитом карбонатизированных, отчасти силифицированных серпентинитов. Такие охристые гидрогетиты по своему химическому составу приближаются к нижним горизонтам месторождения — к гидрогетит-хлоритовым слоистым рудам, но отличаются от них повышенным содержанием кремнезема.

Руды халиловского типа не связаны переходами с охрами такого рода и часто резко отделяются от них. Поэтому охры нельзя относить к рудам халиловского типа, хотя возможна одновременная эксплуатация охристых гидрогетитов коры выветривания вместе с рудами халиловского типа, в случае залегания последних на охристых рудах коры выветривания.

На территории Урала во многих местах имеются континентальные юрские отложения, заключающие в себе месторождения железных руд, которые по своему строению очень близки к месторождениям халиловского типа: они сложены в главной своей части бобово-оолитовыми рудами, но иногда переходят внизу в «глинистые» руды. Такого рода месторождения залегают на различных горных породах — магматических, метаморфических и осадочных. Они характеризуются различным содержанием железа, что исследователи ставят в зависимость от характера подстилающих пород: установлено, что месторождения указанного строения, залегающие на основных породах, содержат значительное количество железа и имеют промышленное значение в качестве железных руд. Однако присутствие примесей хрома, никеля и кобальта в этих месторождениях наблюдается только в тех случаях, когда они залегают на серпентинизированных перидотитовых породах. Во многих случаях месторождения, по своему строению похожие на Халиловские, не охарактеризованы химически в отношении содержания примесей хрома, никеля и кобальта. Месторождения железных руд бобово-оолитового строения, не содержащие примесей никеля и кобальта, мы не будем относить к месторождениям халиловского типа; месторождения бобово-оолито-

вых руд, залегающие вблизи серпентинитов, но не охарактеризованные химически, можно только условно относить к халиловскому типу.

С самого начала изучения Халиловских месторождений исследователи указывали на сходство их с месторождениями о-ва Куба по строению, химическому составу и условиям залегания руд, что и послужило основанием для вывода об аналогичном происхождении этих месторождений как остаточных при лагеритном выветривании серпентинитов.

Действительно, месторождения о-ва Куба залегают на серпентинитах и представляют собой рыхлую охристую массу в основании рудной толщи, сменяющуюся вверху крепкой плотной массой цементированных руд (planchas). Железные руды Кубы содержат примеси хрома и никеля, количество которых увеличивается к основанию толщи, и алюминия, содержание которого постепенно возрастает кверху. Толща оолитовых руд, по мнению некоторых исследователей, возникла путем перегруппировки охры под влиянием растительного покрова. Повышенное содержание глинозема авторы объясняют присутствием в руде гидраргиллита и отрицают нахождение в ней минералов из группы железистых силикатов (турингит, шамозит).

Просмотр всей имевшейся в Москве литературы по месторождениям о-ва Кубы (см. список литературы) показал, что эти данные не позволяют составить себе достаточно определенного мнения о генезисе Кубинских месторождений. В этих работах нет достаточно детальных описаний минералогического состава руд Кубы и даже строения месторождения. Неясна форма концентрации глинозема в верхних горизонтах рудного тела. Остается без достаточного освещения вопрос о частоте нахождения кремнистой зоны в основании рудной толщи, нет детального описания оолитовых и охристых руд основания рудной толщи, переходных зон между подстилающими и покрывающими породами и т. д. Поэтому до получения более детальных описаний месторождений о-ва Кубы необходимо воздержаться от параллелизации Халиловских и Кубинских месторождений.

Месторождение железных руд, близкое по типу к Кубинским, представляет месторождение Clealum в штате Вашингтон, США. Из описания Smith и Bayley (1900) видно, что оно залегает на размытой поверхности серпентинитов, руда имеет аморфный вид, отличается зеленовато-черным цветом и характеризуется присутствием оолитов в бесструктурной массе. На основании общих соображений о присутствии в руде хрома и никеля, условий залегания и сравнения анализов серпентинита и руды авторы относят месторождение к остаточному типу. Однако в виду отсутствия детальных описаний состава и условий залегания руд приходится воздержаться от отнесения этого месторождения к числу остаточных, тем более, что в составе руды авторы отмечают присутствие оолитов и повышенное содержание закиси железа и глинозема.

## ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ ХАЛИЛОВСКИХ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Халиловские железорудные месторождения, открытые И. Л. Рудницким в 1929 г., разведывались им с конца 1929 г. по май 1930 г. по поручению Средневожского Крайсовнархоза. С мая 1930 г. по май 1931 г. они разведывались Институтом металлов Главного геологического управления и с мая по сентябрь 1931 г. Средневожским геолого-разведочным трестом под руководством И. Л. Рудницкого. За это время подверглись разведке месторождения Орловское, Мало-Халиловское, Промежуточное, Ново-Киевское, Георгиевское, Ново-Петропавловское. 10 сентября 1931 г. Комиссия по запасам Средневожского геолого-разведочного треста подсчитала разведанные запасы руд этих месторождений, а 23 сентября 1931 г. Совещание по Халиловскому месторождению при Союзгеоразведке утвердило подсчитанные указанной Комис-

сней запасы разведанных руд в размере  $A_2$  74.01 млн. т, В 22.7 млн. т, а всего  $A_2 + B = 99.71$  млн. т. Кроме того И. Л. Рудницким было представлено на утверждение по категории  $C_2$  около 300 млн. т, которые, однако, не были утверждены Советом при Союзгеоразведке. При разведке руда была разделена на 4 сорта по содержанию железа. Значение присутствия никеля в рудах не было правильно оценено, и руды Халилова рассматривались как обыкновенные железные руды. По отдельным месторождениям запасы распределяются следующим образом:

Месторождение	Запасы в млн. т		
	Площадь в га	$A_2$	$A_2 + B$
Орловское . . . . .	275.5	8.71	16.38
Мало-Халиловское . . . . .	110.5	6.44	6.44
Промежуточное . . . . .	231.0	6.15	11.48
Ново-Киевское . . . . .	386.5	26.16	26.73
Георгиевское . . . . .	144.2	1.18	6.92
Ново-Петропавловское	312.6	25.37	28.76

В последующие годы (1932—1934) производились разведки на некоторых других месторождениях Орско-Халиловского района, а именно на Аккермановском, Ново-Троицком и Крутороженском, но материалы разведки не были обработаны и запасы не были подсчитаны и утверждены.

Редкая сеть разведочных выработок в условиях большой изменчивости нижней поверхности месторождения, слабо поставленная документация разведочных работ в 1929—1931 гг. и отсутствие надлежащей обработки материалов разведки, а также и недоучет значения содержания никеля в рудах и соотношения его с хромом, при отсутствии классификации руд на типы по содержанию легирующих элементов, вызывали сомнения в правильности цифр утвержденных запасов руд по категориям  $A_2 + B$ . Вместе с тем все это указывало на необходимость постановки дополнительной разведки и опробования Халиловских месторождений для учащения разведочной сети и для выработки классификации руд на типы по содержанию легирующих примесей с последующим подсчетом запасов руд этих типов.

После неоднократных представлений Академии Наук органам НКТП о необходимости отпуска средств на доразведку Халиловских месторождений, дополнительные разведочные работы были поставлены в 1937—1938 гг. на северной залежи Ново-Киевского месторождения Волжским Геолого-разведочным трестом по договору с Халиловским рудоуправлением. Руководитель разведки С. Д. Батишев-Тарасов пересчитал запасы руд в этой части Ново-Киевского месторождения, которые и были утверждены Всесоюзной Комиссией по запасам в размере  $A_2$  3513 тыс. т. и В 307 тыс. т, а всего  $A_2 + B = 3820$  тыс. т. В течение 1938—1939 гг. С. Д. Батишев-Тарасов (1939) произвел пересчет запасов руд на остальных Халиловских месторождениях и на южной залежи Ново-Киевского месторождения. Вместе с тем он подсчитал также запасы руд Аккермановского месторождения. После этих пересчетов общие запасы по 6 месторождениям равны около 60 млн. т. По Аккермановскому месторождению запасы руд выражаются приблизительно в 40 млн. т.

Геологическое изучение месторождений отставало от разведочных работ. Во время разведки Института металлов ГГРУ в 1930—1931 гг. Г. Б. Бокий (1931) составлял геологическую карту района Халиловских месторождений и дал первые краткие сведения о составе, строении и усло-

виях залегания месторождений. Он первый установил аналогию между условиями залегания и химическим составом руд в Халиловских месторождениях и в рудных месторождениях о-ва Куба, которые считаются образовавшимися в результате латеритного выветривания, и предложил в качестве рабочей гипотезы считать происхождение Халиловских месторождений латеритовым. Г. Б. Бокий разделил рудную толщу на два типа по строению: латеритовые (охристые) и оолитовые руды. Латеритовые руды в нижних частях сохраняют текстуру серпентинита. Он считает, что оолитовые руды, может быть, являются нормальными водными осадками. Более дробное деление руд на типы было дано Н. А. Шадлуном (1931). Материалы разведки не были обработаны полностью и не было дано полного геологического описания месторождения ни И. Л. Рудницким, ни сотрудниками Института металлов. В литературе появлялись только краткие предварительные сведения о месторождениях (Рудницкий, 1931 и 1933).

В сборнике «Халиловские месторождения никелевых руд» (1932) помещен ряд статей, в которых описаны: 1) геологическое строение района никелевых месторождений, находящихся в пределах Баймакской депрессии, 2) строение осадочной толщи, 3) никелевые месторождения. Геологический очерк Халиловского района, написанный В. С. Коптевым-Дворниковым и Д. Г. Ульяновым, содержит в кратких чертах основные данные о геологическом строении района, петрографическом составе пород и процессах их образования и изменения. В работе дается правильное представление о строении района из пород палеозойского фундамента и плаща мезозойских осадочных пород, залегающих на размытой поверхности палеозоя. Авторы относят интрузию габбро-перидотитовой магмы в девонскую осадочно-вулканогенную свиту к верхнему карбону, а процесс серпентинизации связывают с последующей интрузией габбро-диоритовой магмы. Тектонические нарушения в породах фундамента и в серпентинитах авторы связывают с более поздней интрузией гранитовой магмы, вызвавшей появление разломов и зон смятия, расланцевания и брекчий. В работе описаны также и осадочные и вулканические породы девонского возраста, слагающие кровлю интрузии перидотитов. О. П. Смирнова дала краткое описание строения и состава мезо-кайнозойских отложений, выполнивших Баймакскую депрессию. Она установила, что в строении мезо-кайнозоя принимают участие: 1) континентальные отложения неогена, сложенные конгломератами, песчаниками и глинами; 2) верхнемеловые отложения верхнесенонского яруса, образованные из глауконитовых песков, мергелистых песков, мергелей и опок, принадлежащих к зоне *Belemnitella lanceolata* Sch. и, возможно, к зоне *Belemnitella americana* Mort. и подстилающая их песчано-глинистая свита сеноманского яруса верхнего мела; 3) темносиневато-серые глины, подстилающие меловые отложения, содержат растительные остатки, которые, по определению А. А. Криштофовича, относятся к родам *Rizomopteris* sp., *Cladophlebis* sp. Присутствие этой формы указывает на принадлежность глин к континентальным отложениям юры или низов мела. Таким образом, в этой работе в основном уже было дано правильное представление о составе и строении мезо-кайнозоя.

Д. Г. Ульянов (1932), изучавший никелевые месторождения Халиловского района, высказывается также и о генезисе Халиловских железорудных месторождений, причем устанавливает связь между месторождениями никелевых и железных руд в этом районе. И те и другие, по его мнению, возникли путем выветривания серпентинитов, причем железо в виде углекислых солей выносилось дальше по склонам серпентинитов, чем силикаты никеля, и потому месторождения никелевых руд окаймляются в виде почти непрерывной полосы на склонах месторождения железных руд. Железорудные месторождения образуются путем окисления и гидратации соединений железа и метасоматического замещения обра-

зующимися бурями железняками серпентинитов. Д. Г. Ульянов относит железорудные месторождения к концентрационно-диалитическому типу.

Сотрудник Механобра Пушкина изучала в 1932—1933 гг. минералогический состав халиловских железных руд, причем работа ее заключалась в определении минералогического состава 26 проб, присланных в Механобр для этой цели. Автор при определении минералов, пользовался главным образом методом изучения аншлифов в отраженном свете, реже обычным микроскопическим методом определения шлифов и частью химической обработкой их для извлечения окислов железа. В работе описывается состав отдельных проб и дается сводное описание трех типов руд: оолитовых, оолитово-конгломератовых и латеритовых, которые делятся на разновидности согласно классификации Н. А. Шадлуна (1931).

В составе руд Пушкина определила следующие рудные и нерудные минералы. Рудные минералы представлены лимонитом, гидрогематитом, гематитом и магнетитом. Основная масса рудного вещества образована лимонитом и другими водными окислами железа, гематит и магнетит встречены в оолитах и цементе оолитовых руд и в латеритах отдельными зернами. Никелевых минералов в руде не было обнаружено, за исключением одного зерна аннабергита. Из других рудных минералов встречены хромшпинелиды, пирит, пирротин. Нерудная масса представлена серпентином, антигоритом, кварцем, халцедоном, кремнем, кальцитом, магнезитом, пластинками минералов каолиновой группы, слюдой, хлоритом (очевидно ортохлоритом.—Б. К.), небольшим количеством роговой обманки, гидраргиллита, рутила, полевого шпата, единичными зернами турмалина, эпидота, циркона. В описаниях отдельных проб встречаются указания, что оолиты в главной массе состоят из лимонита, иногда с зерном хромшпинелида или магнетита в середине. Вместе с тем автор отмечает, что иногда оолиты образованы из слоев гидрогематита или лимонита, чередующихся со слоями глинистой массы. Изредка встречались оолиты из нерудной массы с примесью бурого железняка. При описании отдельных проб во многих случаях указывается на присутствие в составе руд «аморфной» и «нерудной», «глинистой», «гелеобразной» массы, которая осталась без точной минералогической диагностики, но в составе которой автор называет гидрат глинозема, кремнезем, окислы железа.

Кроме руд в работе описаны образцы подстилающих пород — окварцованных серпентинитов. Кратко описан состав и строение трех типов халиловских руд, выделенных по классификации того времени: латеритовых, оолитово-конгломератовых и оолитовых.

П. Л. Безруков и А. Л. Яншин в 1932 г. (1934) производили геологическую съемку мезо-кайнозойских отложений Южного Урала для выяснения их стратиграфии и поисков в них фосфоритов. При этом попутно они изучили юрские отложения в пределах Баймакской депрессии и месторождения бокситов Переволоченского месторождения и посетили также Халиловские месторождения. Была составлена петрографическая карта района Баймакской депрессии, куда вошли и все месторождения железных руд халиловского типа. В работе авторов освещается геологическое строение палеозойского фундамента, причем в пределах депрессии ими отмечаются две антиклинальных и синклиналильная Баймакская зона. Работа авторов содержит первое более детальное описание коры выветривания, покрывшей породы палеозойского фундамента в начале мезозоя, и условия образования континентальных осадков юрского времени, заполнивших Баймакскую депрессию. Авторы указали, что процесс накопления осадков в пределах депрессии сопровождался прогибом синклиналильной Баймакской зоны, вследствие чего меловые и третичные отложения занимают в ее пределах большие пространства, чем юрские. Авторы дали подробное описание петрографического состава юрских отложений, флору и фауну мезо-кайнозоя, стратиграфию, климат и тек-

тонические проявления в течение мезо-кайнозоя. Эта работа, поэтому, является одной из главных работ по геологии Южного Урала, освещающих мезо-кайнозойскую историю Орско-Халиловского района.

Кроме того, работа авторов включает в себе описание условий образования, строения и стратиграфии Переволоченского месторождения и сравнение с Халиловскими месторождениями железных руд. Авторы пришли к выводу, что все рудное тело Халиловских месторождений представляет серию нормальных водных осадков, имеет строение, совершенно аналогичное строению латеритовой толщи Переволоченского месторождения, и приурочено к тому же горизонту континентальной юры. Элювиальным путем образовался только бурый железняк, сохранивший строение серпентинита. Латеритовая руда Халиловских месторождений по своему облику и структуре хорошо параллелизуется с глинистым железняком Переволоченского месторождения. Оолитовые руды Халиловского месторождения авторы называют бобовыми железняками в виду отсутствия в оолитах концентрически-скорлуповатого сложения. Авторы отмечают постепенный переход бобовых железняков в горизонтальном направлении в песчаники. Глинистые латеритовые породы авторы считают образовавшимися в главной массе путем механического переноса и отложения материала коры выветривания, а бобовые латериты — путем выпадения полуторных окислов, в частности и глинозема, из каких-то коллоидальных или химических растворов, на что указывает их бобовое строение, представляющее продукт коагуляции геля. Разница между двумя этими типами руд заключается в преобладании в первых глинозема, а во вторых окиси железа. Вместе с тем авторы устанавливают зависимость халиловских и переволоченских руд от состава окружающих пород.

В 1932—1933 гг. было проведено сравнительное опробование халиловских руд сотрудниками ЦНИГРИ Т. Д. Серебренниковым и Д. М. Щиповским (1933) при участии и консультации В. А. Глазковского. Рудная толща на карьерах № 1 и 2 Ново-Киевского месторождения была разбита на несколько разновидностей по мощности и каждая разновидность была опробована отдельно в нескольких местах. Анализы взятых проб позволили получить средние цифры состава руд в вертикальном и горизонтальном направлениях в рудной толще. Авторы считают, что проделанная работа является первым приближением к расчленению рудной толщи на естественные типы. В 1933—1934 гг. Институт Гипроруда составлял проект разработки Халиловских месторождений. Геологическая часть проекта содержит геологическое описание Халиловских железорудных месторождений, составленное Г. А. Кечеким (1934), причем в 1933 г. была произведена обработка всего геолого-разведочного материала и подсчитаны запасы по пяти месторождениям. Описание базируется на имевшихся недостаточных данных.

Большим шагом вперед является классификация руд. Ко времени составления геологической части проекта опытными плавками халиловских руд было доказано постоянное присутствие в них никеля, и руды были признаны комплексными хромо-никелевыми рудами. На этом основании при пересчете запасов Гипроруда все руды разделила на следующие сорта: 1 сорт — руды с содержанием железа больше 28% и никеля больше 0.6%; 2 сорт — руды с содержанием железа больше 28% и никеля больше 0.6%. 2—3 сорт — руды с содержанием железа меньше 28%, и без определения содержания никеля, 3 сорт — руды с содержанием железа меньше 28% и никеля меньше 0.6%.

Общие запасы руд после пересчета по 5 месторождениям (без Георгиевского) были определены в количестве около 95 млн. т.

На основании тех же материалов были составлены краткие описания Халиловских железорудных месторождений Б. П. Преображенским (1931, 1932, 1934) для разных изданий и журналов.

Н. М. Кеппен в 1934 г. (Кеппен, 1937) впервые изучала Халиловские железорудные месторождения систематически. Для диагностики минералов рудного тела Н. М. Кеппен, кроме микроскопического метода и изучения в отраженном свете, применяла термический и рентгенометрический методы исследования. Н. М. Кеппен дает краткое описание трех железорудных месторождений: Ново-Киевского, Мало-Халиловского и Орловского, на которых имелись карьеры для добычи руды. При описании каждого месторождения Н. М. Кеппен приводит данные о строении рудного тела, причем руды делит на следующие типы по строению и, частично, по минералогическому составу: а) листоватые, делящиеся на тонколистоватые и плотные; б) листовато-натечные, т. е. листоватые руды, пересеченные жилками гидрогетита, в) оолитоидные; г) конгломератовидные, куда она относит верхние горизонты оолитоидных руд, содержащих примесь обломков чуждых пород. Эти типы руд последовательно слагают рудное тело в направлении снизу вверх. В Мало-Халиловском месторождении Н. М. Кеппен между листоватыми и оолитоидными рудами выделяла еще тип брекчиевидных, образованных из плотных темнозеленых прожилков и рыхлых бурых участков между ними, а в верхней части оолитоидных руд—глинистые оолитоидные руды, т. е. оолитоидные руды с большим количеством нерудных элементов в цементе. На Орловском месторождении Н. М. Кеппен отмечает присутствие особого типа губчатых руд, образующих рыхлый нижний горизонт брекчиевидных образований, постепенно переходящих внизу в листоватые руды. В остальном последовательность смены разных типов руд в разрезе рудной толщи сохраняется. Как исключение, подобно Ново-Киевскому месторождению на Орловском месторождении наблюдается обратная последовательность залегания листоватых и оолитоидных руд. Н. М. Кеппен описывает минералогический состав выделенных ею типов руд, а в заключении дает сводку данных об их составе.

Среди железорудных минералов Н. М. Кеппен установила в нижних горизонтах гидрогетит и гетит, реже гидрогематит, в верхнем горизонте увеличивается количество гидрогематита и встречаются гематит и магнетит. Отмечается отсутствие в руде кварца и опала и присутствие незначительного количества каолинита, алюмогеля, реликтовых минералов серпентинита: серпентина, магнетита, хлорита, редко магнезита, хромшпинелида.

Встречающиеся в руде оолитовые образования Н. М. Кеппен описывает под названием оолитоидов, связывая их образование с перестройкой листоватой руды, а не с осаждением из водного бассейна. Одни из них имеют концентрическое строение, другие лишены его. Оолитоиды образованы из гетита, гидрогетита, гематита или гидрогематита. Оолиты иногда заключают в себе зерна магнетита или хромита.

В главе, посвященной генезису месторождения, Н. М. Кеппен разбираются взгляды более ранних исследователей (Д. Г. Ульянова, А. Л. Яншина и П. Л. Безрукова) и решительно высказывается в пользу латеритного происхождения Халиловских месторождений. Доказательство такого происхождения она видит в образовании листоватых руд путем выщелачивания серпентинитов и уплотнения оставшихся продуктов, в образовании оолитоидных руд путем перекристаллизации листоватых руд в условиях жаркого не очень влажного климата и аналогии в составе и строении Халиловских месторождений с месторождениями Гвинеи, Мадагаскара, Суринама и Кубы.

Последней частью работы Н. М. Кеппен является описание Аккермановского месторождения, которое во время исследований подвергалось разведке. Характеризуя геологические условия залегания месторождения, Н. М. Кеппен отмечает, что в противоположность Халиловским Аккермановское месторождение залегает среди континентальных юрских отложений с остатками флоры, которые отлагались на размытой поверх-

ности визейского известняка. Рудная толща представляет собой продукт размыва месторождений халиловского типа, переноса и переотложения различных материалов в бассейне озерно-болотного типа. Н. М. Кеппен указывает на невыдержанность строения рудной залежи Аккермановского месторождения и дает классификацию его руд преимущественно на основании литологических признаков. Выделены: а) охристо-глинистая руда, б) охристо-глинисто-галечная руда, в) галечная руда, г) оолитоидная руда, д) конкреционно-жеодистая руда, е) марганцовистые руды, ж) никелевые руды.

Первые типы руд состоят в основном из песчано-алеуритовой массы с гальками нерудных пород и минералов, к которым примешивается иногда охристая масса гидрогетита и окатанно-остроугольные песчинки и гальки руд. Оолитовые руды состоят из оолитов окислов железа и охристо-глинистого цемента, а конкреционно-жеодистые содержат большое количество этих образований. Марганцовистые и никелевые руды отличаются присутствием повышенного количества марганца или никеля.

В 1934 г. бригада геологов ЦНИГРИ под руководством Н. К. Разумовского производила геологические исследования в Халиловском районе для составления геологической карты района в масштабе 1 : 50000. Карта была разделена на ряд планшетов, съемки которых производились отдельными геологами. Съемка захватила всю Баймакскую депрессию. Были составлены геологические описания отдельных планшетов с геологическими картами их в масштабе 1 : 50000. В 1935 г. Н. К. Разумовским (1935) составлены сводное геологическое описание всего района съемки и геологическая карта в масштабе 1 : 100000.

Работа бригады легла в основу приведенного ниже описания геологического строения Орско-Халиловского района и потому с этой точки зрения ее содержание здесь не дается. Но на описаниях железорудных месторождений необходимо остановиться детальнее. Н. К. Разумовский делит железорудные месторождения на две группы. К первой группе, собственно Халиловских месторождений, он относит Ново-Петропавловское, Георгиевское, Ново-Киевское, Промежуточное, Халиловское и Орловское и дает сводное описание этих месторождений как относящихся к одному типу. Согласно его описанию, месторождения представляют пластообразные, вытянутые в меридиональном направлении тела, в плане весьма неправильной формы, залегающие на пологой поверхности серпентинитов. Нижняя поверхность рудных тел имеет волнистый характер сообразно с характером рельефа серпентинитов. Верхняя поверхность более сглаженная. Мощность рудного тела от 0.1 до 10 м, чаще 1 до 5 м, в среднем 3 м. Руды перекрыты песчано-глинистой толщей юры от 0 до 50 м мощности, содержащей местами остатки юрской флоры. Н. К. Разумовский приводит далее классификацию руд Механобра (Пушкиной) и Кеппен и высказывается в пользу классификации Механобра, так как в этих типах изучен минералогический состав. Описывая химический состав халиловских руд, Н. К. Разумовский дает среднее содержание железа 38—40%, причем по содержанию железа латеритовые и оолитовые руды более или менее равноценны, содержание кремнезема чаще 18% и глинозема 2—10%. Содержание никеля возрастает одновременно с железом, причем руды обогащаются ими книзу. Хром содержится в рудах в виде хромшпинелидов в количестве обычно 0.6—1.8%. Содержание фосфора и марганца возрастает книзу. Н. К. Разумовский подробно мотивирует свой взгляд на генезис Халиловских месторождений как на остаточные, возникшие как остаток при выветривании серпентинита на месте. Он указывает, кроме общих геологических соображений о месте нахождения и характерных примесях хрома и никеля, на наблюдаемый иногда переход листоватых руд в подстилающие серпентиниты. Образование оолитовых руд объясняется стяжением вещества на пути движения грунтовых вод в пластах.

Ко второй группе железорудных месторождений Н. К. Разумовский относит Аккермановское месторождение, при описании которого он следует данным Н. М. Кеппен. Он считает его продуктом переотложения латеритовых руд халиловского типа вдоль западного берега водного бассейна.

А. В. Хабаков (1935) в описании листа составленной им карты Халиловского района М-40-21-В в главе о юрских отложениях дает довольно детальную характеристику Халиловского и Промежуточного месторождений бурых железняков, в общем совпадающую с данными Н. К. Разумовского, но содержащую некоторые детали, противоречащие концепции Разумовского. Так, А. В. Хабаков пишет, что рудное тело иногда расщепляется на несколько пропластков, чередующихся с песками и глинами, что латеритовые руды иногда отделены от оолитовых резкой границей, что по литологическому составу руд и по структуре снизу вверх имеется ряд переходов от латеритовых руд как от элювия серпентинитов, к рудам, являющимся результатом делювиально-аллювиального перемыва и переотложения. А. В. Хабаков считает часть псевдооолитовых и брекчиевидных руд за руды водноосадочного происхождения, первоначальное сложение которых стерлось в процессе диагенеза. А. В. Хабаков отмечает также переход в горизонтальном направлении рудного тела иногда в железистые пески.

Г. И. Кириченко (1935), составивший геологическую карту планшета М-40-21-А, заключающего Ново-Киевское, Георгиевское и Ново-Петропавловское железорудные месторождения, считает, что месторождения бурых железняков связаны с верхними горизонтами древней коры выветривания на серпентинитах и частично, по видимому, с низами юрских континентальных отложений. В строении рудного тела Г. И. Кириченко различает два типа руд, из которых охристые связаны с подстилающими серпентинитами и являются продуктами их выветривания, залегающими *in situ*. Оолитовые разности руд связаны переходами с охристыми и залегают на них. С другой стороны, они постепенно переходят в песчано-глинистые образования озерно-континентального типа юры. Поэтому Г. И. Кириченко склоняется к допущению, что часть оолитоподобных бурых железняков залегают в элювированном состоянии, представляя собой частично переотложенный или только переработанный на месте материал охристых разностей бурых железняков.

Е. Э. Разумовская (1935) параллельно с изучением геологического строения планшета М-40-33-Б дала краткое описание Орловского и Ново-Троицкого железорудных месторождений. По условиям залегания руд они аналогичны другим Халиловским месторождениям. Структура руд в нижних горизонтах рудного тела Ново-Троицкого месторождения показывает ясно различную остаточную структуру серпентинитов.

Е. В. Войнова (1935) одновременно изучала геологическое строение юго-западной части Орского района для составления геологической карты в масштабе 1 : 50000. В район исследований Е. В. Войновой входило Аккермановское месторождение. По данным Е. В. Войновой, это месторождение залегает на отложениях среднего и верхнего девона и нижнего карбона. Верхний девон представлен франским и фаменским ярусами, а нижний карбон турнейским и визейским. Железорудное месторождение залегает на размытой поверхности известняков визе. По мнению Е. В. Войновой, железные руды начали отлагаться еще в доюрское время, но в юре образование руд продолжалось, так как в руде находятся глинистые прослойки с юрской флорой.

В том же 1934 г. минералогический состав руд Халиловских месторождений изучала Е. В. Копченова (1934), выводы которой о составе и генезисе близки к взглядам сотрудников ЦНИГРИ.

Непосредственным продолжением работ бригады ЦНИГРИ по геологической съемке Халиловского района, сопровождавшихся попутным

изучением различных месторождений полезных ископаемых, как было указано, явились работы сотрудников б. Ломоносовского института, вошедшего позднее в состав Института геологических наук Академии Наук СССР, производившиеся под руководством Б. П. Кротова в течение 1935—1939 гг.

В 1935 г. изучался главным образом минералогический состав халиловских руд и условия их залегания. Было установлено присутствие в составе халиловских руд минералов из группы железистых хлоритов, которые входят частью в состав оолитов, но главным образом принимают существенное участие в составе цемента и слагают прослойки в слоистых рудах. Ряд наблюдений указывал на неправильность взгляда на Халиловские месторождения, как на остаточные накопления при латеритном выветривании (Кротов, 1937).

Прекращение добычи руды на Халиловских месторождениях в 1935 г., в виду несоответствия поставлявшихся руд кондициям<sup>1</sup> и очень пестрого их состава, главным образом по содержанию никеля, привлекло внимание к недостаточной изученности состава и строения Халиловских месторождений и распределения в них примесей. Поэтому в 1936 г. сотрудники Академии Наук приступили к детальному изучению главнейших железорудных месторождений Халилова, а именно Ново-Киевского (С. Д. Левина) и Орловского (А. Л. Яницкий). Одновременно было проведено исследование с целью выяснения закономерностей распределения в рудах легирующих примесей. К осени 1936 г. этот последний вопрос был уже решен: было установлено совершенно правильное возрастание содержания никеля в глубь залежей. На широком совещании по Орско-Халиловской проблеме при Ломоносовском институте в октябре 1936 г. о результатах этих работ Б. П. Кротовым был сделан доклад представителям всех заинтересованных наркоматов и учреждений (1936). В 1937 г. сотрудниками Академии Наук были изучены Мало-Халиловское и Промежуточное месторождения (М. И. Калганов), Георгиевское (А. Л. Яницкий) и Ново-Петропавловское (С. Д. Левина). Вместе с тем Академия Наук направила в Наркомат тяжелой промышленности докладную записку, в которой указывала на необходимость проведения дополнительной разведки и опробования Халиловских месторождений и установления запасов руд кондиционного качества по никелю. Зимой 1937/1938 г. такие разведочные работы были поставлены Волжским геологическим трестом по договору с Халиловским рудоуправлением.

Летом 1938 г. Геолого-географическая группа Академии Наук и ГУМП НКТП организовали широкое совещание по использованию халиловских руд, на котором заинтересованным учреждениям и хозяйственным организациям были доложены результаты исследований Академией Наук Халиловских месторождений и был предложен проект промышленной классификации руд<sup>2</sup>. Руководитель разведки северной части Ново-Киевского месторождения С. Д. Батищев-Тарасов доложил о результатах разведки и свой проект промышленной классификации руд.

Летом 1938 г. Академия Наук провела изучение Аккермановского месторождения (А. Л. Яницкий и В. Е. Яганова), опробование предложенных Академией Наук промышленных типов руд в Ново-Киевском и других месторождениях и составление геологической карты Ново-Киевского месторождения с дополнительными наблюдениями на нем

<sup>1</sup> Кондиции ГУМП 1935 г. к халиловским комплексным хромо-никелевым рудам таковы: Fe > 40%, Ni > 0.5%, Cr не более 1.3%, Cr: Ni около 2.5.

<sup>2</sup> Промышленная классификация предусматривает 5 типов руд: 1) слоистые или комплексные хромо-никелевые, 2) бобово-оолитовые или хромистые, 3) конгломератовидные бобово-оолитовые, 4) охристые руды коры выветривания и 5) переотложенные. Детальное описание их дано при описании отдельных месторождений (Кротов, 1939).

(М. И. Калганов). Г. И. Теодорович в течение 1936—1938 гг. изучал литологию и строение покрывающих мезо-кайнозойских пород на всех месторождениях, а на Аккермановском месторождении и подстилающих пород.

В результате проведенных сотрудниками Академии работ ими был написан ряд статей по частным вопросам, касающимся Халиловских месторождений, которые частью вышли из печати (Кротов, 1939; Теодорович, 1939), частью еще находятся в печати или в рукописях. В наиболее крупной из этих работ (Кротов, 1939) были подведены итоги трехлетних работ Академии на Халиловских месторождениях с краткими описаниями отдельных месторождений, написанными А. Л. Яницким, М. И. Калгановым и В. Е. Ягановой.

В том же сборнике помещена и статья С. Д. Батищева-Тарасова (1939) об итогах разведочных работ 1937—1938 гг. на северной залежи Ново-Киевского месторождения.

Параллельно с разведкой и изучением железорудных месторождений в том же Халиловском районе велась разведка и изучение магнетитовых и никелевых месторождений, связанных с доюрской корой выветривания. После начальных стадий этих работ, освещенных в сборнике «Халиловские месторождения никелевых руд на Южном Урале» (1932), кора выветривания, к которой приурочены эти месторождения, изучалась как региональное явление сначала А. И. Киселевым (1935) и А. В. Хабаковым (1935 2), а затем сотрудниками Института минерального сырья (Ульянов, Грицаенко, Крутов и др., 1937), Геолого-разведочным бюро Никелевого комбината в Орске и Группой коры выветривания б. Ломоносовского института, вошедшего позднее в состав Института геологических наук АН СССР (Гинзбург, 1938).

Более детально строение коры выветривания было дано А. В. Хабаковым, который предложил четырехчленное деление коры (сверху вниз): 1) охры и пестроцветные железистые глины, 2) нонtronитизированные серпентиниты, 3) выщелоченные окремненные серпентиниты и 4) зона накопления карбонатов магния и отчасти кальция. А. В. Хабаков отмечает, что кора выветривания сверху сопровождается более или менее мощными скоплениями бобовых и псевдооолитовых железняков или даже рыхлых пористых латеритовых железняков, образование и распространение которых связано с переотложением железистых продуктов древнего выветривания серпентинитов.

Работы сотрудников Института минерального сырья еще не закончены. В опубликованной работе (Ульянов, Грицаенко, Крутов и др., 1937) приводятся выводы о наличии вариаций в строении коры выветривания в зависимости от петрографического типа коренных пород — аподунитовых и апогарцбургитовых серпентинитов. Апогарцбургитовые серпентиниты при выветривании дают следующий профиль коры выветривания: неизменная порода, карбонатизированная (силифицированная), нонtronитизированная, лимонитизированная зоны коры.

Аподунитовые серпентиниты имеют следующий профиль коры выветривания: неизменные, карбонатизированные, силифицированные, лимонитизированные.

Таким образом, на аподунитовых серпентинитах развиваются силифицированные зоны, а на апогарцбургитовых серпентинитах нонtronитизированная зона.

По работам Группы коры выветривания Института геологических наук, проводившимся под руководством И. И. Гинзбурга в течение трех лет (1936—1938), окончательный отчет для печати еще не составлен, но вышел ряд работ, дающих представление о некоторых результатах исследований.

Так, И. И. Гинзбург (1938) и Корин (1939) намечают три типа коры выветривания на серпентинитах:

1) кора выветривания на нормальных дунитовых или перидотитовых серпентинитах, не подвергавшихся интенсивному тектоническому раздроблению (халиловский тип);

2) кора выветривания, образовавшаяся в тектонически сильно смятых зонах серпентинитов (аккермановский тип);

3) кора выветривания в контакте или вблизи контакта с известняками (уфалейский тип).

Кора выветривания в халиловском типе носит площадной характер и разделяется на следующие горизонты (сверху вниз): 1) горизонт охр, 2) горизонт так называемых нонтронитизированных серпентинитов, 3) горизонт выщелоченных серпентинитов с подзонами опализованного серпентинита и арагонита, 4) горизонт магнезита. В некоторых случаях отмечается присутствие силифицированного горизонта, который приурочен обычно к более высоким участкам и не покрыт рыхлыми горизонтами элювия: охрами и нонтронитом.

В последнем отчете Группы коры выветривания за 1939 г. уже совершенно резко проводится деление коры выветривания в халиловском типе на два подтипа в зависимости от микрорельефа серпентинитов: 1) нормальный профиль на ровной или пониженной поверхности серпентинитов: а) охры, б) нонтронитизированные, в) выщелоченные, г) магнезитоносные серпентиниты; 2) силифицированный профиль на повышенных частях рельефа поверхности серпентинитов: а) охры, б) силифицированные, в) выщелоченные, г) магнезитоносные серпентиниты.

Кора выветривания в аккермановском типе занимает участки, вытянутые параллельно тектоническим линиям, и характеризуется большей глубиной разложения. Профиль коры здесь таков (сверху вниз): 1) охристо-кремнистая зона (охры, окремненные охры); 2) промежуточная зона (плотные, обохренные, слаборазложенные серпентиниты, охристо-глинистые выщелоченные серпентиниты с реликтовым строением). Таким образом, в аккермановском типе нонтронитовая зона отсутствует. Образование коры выветривания в Аккермановском районе, начавшееся в доюрское время, продолжалось и в более позднее время.

Изучение состава, строения и условий образования доюрской коры выветривания на серпентинитах имеет большое значение для познания железорудных месторождений, так как последние располагаются на различных зонах коры выветривания и продукты выветривания серпентинитов входят в состав месторождений железных руд. Кроме того, охристые гидрогетиты коры выветривания, содержащие никель, кобальт, хром и марганец, подстилающие железорудные месторождения, очень часто по своему составу вполне отвечают требованиям к железным комплексным рудам.

Еще более тесно связана с историей железорудных месторождений последующая история коры, когда эти образования, уже после возникновения железорудных месторождений, испытывали одинакового направления изменения под влиянием выветривания при различных изменениях климата в последующие эпохи жизни Южного Урала.

Для выяснения условий формирования и преобразования железорудных месторождений, залегающих местами на доюрской коре выветривания, успехи изучения коры выветривания имеют существенное значение.

## ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ИСТОРИЯ ОРСКО-ХАЛИЛОВСКОГО РАЙОНА

Наибольшее значение для выяснения геологического строения района, как указывалось, имели работы П. Л. Безрукова и А. Л. Яншина (1934), сотрудников Блявинской группы ЦНИГРИ под руководством Н. К. Разумовского (Хабаров, 1935; Кириченко, 1935; Разумовская, 1935; Войно-

ва, 1935; Наливкин, 1935; Петренко, 1932, 1939; Коптева-Дворникова и Ульянова, 1932). В последние годы в данном районе были проведены исследования различных полезных ископаемых, главным образом сотрудниками Южно-Уральской экспедиции Академии Наук и Всесоюзного института минерального сырья, внесшими целый ряд дополнений и уточнений в понимание геологической истории района и его строения, которое было дано работами П. Л. Безрукова и А. Л. Яншина, и сотрудников ЦНИГРИ, и которое в основном сохранилось.

По данным этих исследований, в геологическом строении района принимают участие два основных элемента: а) древний палеозойский фундамент и б) покрывающий его прерывистый плащ из мезо-кайнозойских отложений.

Древний палеозойский фундамент представляет собой остаток древнего Уральского хребта, подвергнувшегося в конечных стадиях его формирования, в самом начале мезозоя, продолжительному континентальному выветриванию. Процесс выветривания сопровождался сносом с него значительного количества продуктов выветривания и, вместе с тем, его постепенным понижением и превращением в почти ровную возвышенность. В начале мезозоя началось общее постепенное опускание Урала, которое вызвало в юрское время образование вдоль восточного склона, в частности в Орском районе, низменных пространств с бассейнами озерно-болотного характера. Дальнейшее понижение в конце верхнего мела привело к наступлению моря и покрытию значительной части восточного склона, включая и Халиловский район, осадками верхнемелового периода.

В нижнетретичное время Урал продолжал понижаться и море залило и покрыло своими осадками местами даже зону кристаллических сланцев центрального Уральского хребта, причем распространение моря сопровождалось местами размывом мела и юры.

В эоцене началась регрессия моря, и обнажившаяся страна имела характер обширной низменной суши, на которой местами происходили в озерных бассейнах накопления осадков.

Поднятие Урала продолжалось и позднее, сначала медленное в олигоцене и миоцене, затем более быстрое в начале плиоцена. В течение этого времени гидрографическая сеть постепенно врезалась в толщу пород мезо-кайнозойского плаща и, пропилывала себе русло в породах палеозойского фундамента. К акчагыльскому веку верхнего плиоцена современный рельеф Южного Урала был уже выработан, причем речные долины по сравнению с современными были даже переуглублены.

В конце плиоцена имело место новое наступление моря, которое уничтожило значительную часть мезо-кайнозойского плаща. В четвертичную эпоху вновь происходило поднятие Южного Урала, причем, однако, оно протекало неравномерно на различных структурных элементах палеозойского фундамента. Наличие в Орском районе глубоких речных долин более крупных рек и смыв значительной части мезо-кайнозойского плаща в верхнем плиоцене и в четвертичном периоде позволяет ознакомиться и со строением самого палеозойского фундамента.

Разрез через Уральский хребет на параллели Орска показывает, что хребет здесь состоит из ряда приблизительно меридионально вытянутых синклиналильных и антиклиналильных зон или, по Н. К. Разумовскому, из синклинориев и антиклинориев, правильно последовательно сменяющихся друг друга в широтном направлении.

На самом западе, ближе к г. Чкалову, находится зона палеозойских пород, надвинутых на центральную осевую зону хребта. Начиная с осевой зоны хребта последовательно сменяются по направлению на восток, к Орску, следующие структурные элементы: 1) антиклиналильная зона цен-

трального Уральского хребта — Урал-Тау, пересекающегося железнодо-  
рожной линией между станциями Блява и Халилово; 2) синклиальная  
Баймакская зона, пересекающаяся ею между станциями Губерля и Кру-  
торожинская; 3) антиклинальная Ирендыкская зона между Круторожин-  
ской и г. Орском; 4) Уртазымская синклиальная зона, проходящая во-  
сточнее г. Орска.

Антиклинальная зона Урал-Тау сложена из кристаллических сланцев  
метаморфической толщи М, из кембрийских, силурийских и девонских  
отложений, представленных здесь вулканогенными и терригенными отло-  
жениями верхнего силура—нижнего девона ( $D_1—S_2$ ). Синклиальная Бай-  
макская зона образована из мощной толщи осадочных отложений, начи-  
ная с отложений верхнего девона, с подчиненными им эффузивными по-  
родами среднего девона, и кончая породами нижнего карбона. Антикли-  
нальная Ирендыкская зона сложена из диабазов и порфиринов верхне-  
го силура и нижнего девона в ядре ( $D_1—S_2$ ) и яшм нижнего девона и  
кремнистых туфов среднего девона в крыльях антиклинали. Синклиаль-  
ная Уртазымская зона состоит из осадочных свит, последовательно сме-  
няющих друг друга: среднего девона, верхнего девона—нижнего кар-  
бона, кончая известняками визе.

В строении палеозойского фундамента в Орско-Халиловском районе  
принимает существенное участие габбро-перидотитовая интрузия, кото-  
рая и придает всему району особый характер, благодаря связанным с  
ней полезным ископаемым.

Интрузию габбро-перидотитовых пород в литературе приурочивают  
к начальной стадии формирования складчатых зон и считают, что эти  
породы интродировали (по Н. К. Разумовскому) в восточное крыло ан-  
тиклинальной зоны Урал-Тау. Однако геологическая карта и имеющиеся  
в разных местах работы А. В. Хабакова сведения об условиях залегания  
серпентинитов скорее указывают на то, что интрузия габбро-перидоти-  
товой магмы охватила одновременно три структурные зоны, а именно  
Урал-Таускую антиклинальную, Баймакскую синклиальную и Ирендык-  
скую антиклинальную. Главная масса интродированной магмы внедри-  
лась в Урал-Таускую антиклиналь, обусловив значительное ее расшире-  
ние. Повидимому, габбро-перидотитовые породы слагают в настоящее  
время часть осевой части Урал-Тауской антиклинали и обнаруживаются  
в окнах кровли палеозойских пород на западном и восточном склонах.  
Кемпирсайский перидотитовый массив, находящийся на продолжении  
Урал-Тауской антиклинали, залегает в аналогичных условиях и пред-  
ставляет собой, может быть, часть той же перидотитовой интрузии,  
вскрытой главным образом на западном склоне Урал-Тауской антикли-  
нали. На это указывает тот факт, что в промежутке между Халилов-  
ским и Кемпирсайским массивами кое-где также выступают серпентини-  
ты. Баймакская синклиальная и Ирендыкская антиклинальные зоны  
представляли собой в момент интрузии габбро-перидотитовой магмы,  
вероятно, узкие полосы сильно сжатых палеозойских свит. Часть ин-  
тродированной габбро-перидотитовой магмы внедрилась вдоль наслоен-  
ия осадочно-вулканогенных толщ, входивших в состав этих двух зон,  
и, раздвигая их, образовала целую серию пластовых интрузий и линз.  
В некоторых из этих пластовых интрузий обнаруживаются тонкие  
прослойки раздвинутых палеозойских осадочно-вулканогенных свит; в  
Ирендыкской антиклинальной зоне межпластовые интрузии габбро-пери-  
дотитовой магмы сравнительно маломощны. В Баймакской синклиаль-  
ной зоне остатки пластов осадочных пород находятся в подчиненном  
количестве по сравнению с массой серпентинита.

Континентальный период на Урале, начавшийся, повидимому, в кон-  
це перми и продолжавшийся в начале мезозоя, вызвал постепенное по-  
нижение хребта вследствие выветривания и эрозии и заполнение снесен-  
ными продуктами выветривания глубоких ущелий и речных долин, а так-

же образование мощной коры выветривания на ровных и пониженных частях поверхности хребта.

Кора выветривания начала мезозоя на Урале еще очень мало изучена, но полученные данные указывают на широкое развитие ее на территории Южного, Среднего и Северного Урала. Мощность коры выветривания местами достигает 30—50 м. Образование коры выветривания на палеозойских породах до сих пор изучалось разрозненно, в отдельности на разных породах, но оно еще не закончено. Поэтому пока кора выветривания, образовавшаяся на поверхности палеозойских пород в течение раннего мезозоя, еще не описана в целом как особое геологическое явление в истории Урала. Однако в настоящее время установлено, что кора выветривания на палеозойских породах была уже развита к началу нижней юры на Южном Урале, так как континентальные озерные отложения конца нижней или начала средней юры накапливались в некоторых местах Южного Урала на размытой поверхности коры выветривания.

Континентальный период на Урале в самом конце палеозоя и начале мезозоя считается периодом относительного покоя, хотя в последнее время А. Д. Архангельский и А. Л. Яншин (1936) установили, что главная фаза орогенеза на Урале закончилась в конце нижнего или начале среднего триаса. Отдельные районы Урала испытывали тектонические движения и позже.

В течение юрского, мелового и третичного периодов палеозойский фундамент не оставался спокойным, но, наоборот, испытывал все время колебания. Исследования П. Л. Безрукова и А. Л. Яншина показали, что в течение этих периодов происходил медленный прогиб синклинальных зон. Согласно этим исследователям, перед отложением юрских континентальных осадков рельеф местности в Орском районе Южного Урала был мягким, а во время их отложения синклинальные зоны постепенно прогибались и заполнялись юрскими отложениями. Эти отложения имели пролювиальный, речной и озерно-болотный характер, причем к числу месторождений озерно-болотного типа относятся и железорудные месторождения района. Мощность юрских отложений в пределах прогибающихся депрессивных синклинальных зон достигала значительных величин. Так, по Яншину, мощность юры в пределах Баймакской депрессии достигала нескольких сот метров. Прогиб синклинальных зон, однако, происходил неравномерно, иногда с разрывами пластов, что и вызвало размыв и переотложение части отложенного материала. Несомненно, что и антиклинальные зоны не оставались в спокойном состоянии: они испытывали медленное поднятие и опускание и на них местами развивались также бассейны озерно-болотного характера, которые заполнялись континентальными осадками и бобово-оолитовыми рудами, как это имело место, например, на Кемпирсайском массиве.

По мере дальнейшего опускания Урала, море постепенно надвигалось и покрывало его. В верхнемеловой период Баймакская депрессия была залита морем, которое частично размыло юрские отложения и кору выветривания и покрыло своими осадками большее пространство, чем занимают юрские континентальные отложения. Медленные эпейрогенетические движения Урала происходили в течение третичного периода, когда то продолжалось опускание Урала, то, наоборот, происходила регрессия моря. В верхнемiocеновое время на Урале проявилась слабая альпийская фаза дислокаций, вызвавшая образование ряда меридиональных разломов в пределах Баймакской депрессии, пересекавших всю толщу мезокайнозойских отложений, ее выполнявших. Они сопровождались вертикальными передвижениями отдельных частей и привели в соприкосновение отложения различного возраста.

Медленное и неравномерное поднятие Урала, начавшееся в третичное время, продолжается и в настоящее время, сопровождаясь сносом мезо-

кайнозойских отложений, покрывающих палеозойский фундамент. Таким образом, старый Урал, погребенный под мезо-кайнозойскими осадками, вновь оживает и поднимается, освобождаясь от своего мезо-кайнозойского покрова.

## ГЕНЕЗИС ХАЛИЛОВСКИХ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

«Отсутствие в России этих соединений железа (железистых хлоритов) является весьма странным и объясняется, кажется мне, только трудностью их различения и определения» ...«Для правильного решения вопросов, связанных с изучением железных руд России, выяснение условий нахождения и залегания этих железных минералов (железистых хлоритов) является очень желательным и было бы весьма необходимо выяснить, встречаются ли у нас эти соединения, где и в каком количестве».

*В. И. Вернадский, 1900.*

### Литературные данные

Первые сведения о генезисе Халиловских железорудных месторождений мы находим в отчетах о геолого-разведочных работах, проводившихся на этих месторождениях в 1929—1931 гг. Так, Г. Б. Бокий (1931) выделил в рудной толще по строению два типа руд: охристые (латеритовые) и оолитовые. Он нашел, что охристая руда в нижних частях сохраняет структуру подстилающих ее серпентинитов и на этом основании признал, что охристые руды являются остаточными продуктами выветривания серпентинитов, чем и объясняется присутствие в охристых бурых железняках механической примеси хромита и магнетита, а также накопление в них никеля. Г. Б. Бокий считает месторождения Халиловского района по их геологическому строению, условиям залегания и химическому составу руд (кроме фосфора) аналогичными рудным месторождениям Майари на о-ве Куба, для которых доказано их латеритовое происхождение, и потому в качестве рабочей гипотезы приписывает Халиловские месторождения к латеритовым. Относительно же оолитовых руд, залегающих на охристых (латеритовых), автор не исключает возможности образования их при других условиях и допускает, что «может быть они являются нормальными осадочными образованиями в водной среде».

Второе объяснение генезиса Халиловских месторождений дано Г. А. Кечечом (1934), который на основании разбора имеющихся в литературе данных по геологии Халиловских месторождений о-ва Кубы, подобно Г. Б. Бокию, приходит к выводу об аналогичном их происхождении. Образование оолитовых руд Г. А. Кечеч объясняет растворением и последующим отложением железа. Он полагает, что процесс образования оолитов протекал, по видимому, под влиянием деятельности растений, отпечатки листьев и следы корней которых были встречены И. Л. Рудницким (1931, 1933), сотрудниками Института черных металлов ГГУ и другими исследователями. По его мнению, можно с достаточной степенью уверенности считать Халиловские месторождения остаточными, происшедшими в результате разложения и выветривания серпентинитов в обстановке жаркого климата.

Того же взгляда относительно происхождения халиловских руд придерживаются и сотрудники Института черных металлов ГГУ, производившие разведку месторождений в 1930—1931 гг.

Б. П. Преображенский описывает генезис Халиловских месторождений (1931, 1932, 1934) в согласии с Г. Б. Бокием.

Третье объяснение генезиса Халиловских месторождений было опубликовано Д. Г. Ульяновым, который изучал никелевые месторождения Халиловского района (1932). Он считает, что железорудные месторождения образовались концентрационно-диалитическим путем: при выветривании железно выносилось в виде углекислых соединений атмосферными водами из пределов областей выветривания серпентинитов. На склонах серпентинитового массива происходило окисление закиси железа в растворах и выпадение окислов железа, которые выделялись в виде бурых железняков, развивавшихся метасоматическим путем за счет серпентинита. При этом возникали оолитовые структуры бурых железняков.

Четвертое объяснение генезиса Халиловских месторождений принадлежит акад. А. Д. Архангельскому, руководившему в 1932—1935 гг. работами бокситовой группы сотрудников Института геологии и минералогии, позднее перешедших в Институт минерального сырья. Еще в 1932 г. в своей работе «Геологическое строение СССР» А. Д. Архангельский (1932) отнес Халиловские месторождения предположительно к числу осадочных месторождений юрского возраста. При подведении результатов первого года работ своих сотрудников на Северном Урале и партии Института по удобрениям на Южном Урале А. Д. Архангельский (1933) высказался за осадочное происхождение девонских бокситов Северного Урала и мезозойских Южного Урала. Халиловские железорудные месторождения А. Д. Архангельский отнес к типу бобовых латеритовых руд, принадлежащих к так называемой хайбуллинской красноцветной толще прибрежных юрских осадков, в состав которых входят: а) плотные кирпичнокрасные глины с рыхлыми железистыми бобами; б) глинистый латерит — рыхлая кирпичнокрасного или розового цвета порода, содержащая иногда примесь песка; в) бобовые железные руды, образованные из скопления плотных твердых бобов железистого латерита, сцементированных плотной латеритовой массой.

Более подробное геологическое описание Баймакской депрессии и условий образования Переволоченских месторождений бокситов и Халиловских железорудных месторождений дали П. Л. Безруков и А. Л. Яншин, которые отнесли их к числу осадочных месторождений (1934). Они признали, что вся рудная толща представляет серию нормальных водных осадков, имеет строение, совершенно аналогичное строению латеритовой толщи Переволоченского месторождения, которое они подробно изучили, и «приурочена к тому же горизонту континентальной юры. Элювиальным путем образовался лишь бурый железняк, сохранивший структуру змеевика. Книзу он постепенно переходит в нормальный змеевик, носящий признаки только начальной стадии выветривания. Осадочная толща начинается слоем плотного, однородного, обычно довольно легкого глинистого железняка (латеритного); граница его со змеевиками всегда довольно резкая; близ контакта железняки разрушены и в большей или меньшей степени ожелезнены, однако постепенного перехода в вышележащую породу наблюдать нельзя. Следующим членом рудной серии является железняк оолитовый, по терминологии местных работников, или бобовый, по принятой нами».

П. Л. Безруков и А. Л. Яншин приводят далее данные об условиях залегания халиловских руд. По их наблюдениям, руды залегают на змеевиках и реже на девонских кремнистых сланцах и эффузивах. На востоке рудная толща постепенно исчезает среди толщ нормальных юрских осадков; руды обогащаются обломочным материалом и переходят в рыхлый глинистый железистый песчаник. Халиловские месторождения приурочены к окраине массива змеевиков, продукты разрушения которых послужили материалом для накопления железорудных толщ

вдоль открытых берегов юрского бассейна; с удалением от берега руды сменяются слюдистыми осадочными породами.

Н. М. Кеппен (1937), изучившая Халиловские месторождения в 1934 г., так же, как и Г. А. Кечек, высказывается за латеритовое происхождение всей рудной толщи Халиловских месторождений. Руды Халилова она делит по строению на 4 типа: листоватые, брекчиевидные, оолитоидные и натечные.

Листоватые руды, залегающие в основании рудной толщи, среди которых Н. М. Кеппен различает тонколистоватые и плотные, она считает остаточными продуктами при выветривании серпентинитов. Возникновение присущего им листоватого строения она объясняет горизонтальным расположением замещенных гидроокислами железа волокон серпентина. В тонколистоватых рудах псевдоморфозы по волокнам еще сохранили свой волокнистый облик, в то время как в плотных он утрачен.

Брекчиевидные руды, залегающие между листоватыми и оолитоидными, состоят из рыхлых бурых участков, разъединенных зелеными жилками (псевдобобовые руды по номенклатуре сотрудников ИГН).

Возникновение оолитов, слагающих верхние горизонты рудной толщи, Н. М. Кеппен считает явлением, аналогичным образованию поверхностных конкреций и жеод в условиях жаркого и не очень влажного климата юры.

Натечные руды представляют собой оолитоидные руды, в которых во время более влажного климата произошла более значительная перестройка рудной толщи.

В итоге Н. М. Кеппен свое мнение о латеритовом происхождении руд Халиловских месторождений основывает на существовании переходов от серпентинитов к руде, на присутствии магнетита и хромшпинелидов в листоватых рудах, на наблюдаемых процессах замещения гидрогетитом волокон серпентина и на закономерностях минералогического и химического изменений в разрезе.

А. В. Хабаков (1934, 1935, 1937), изучавший Халиловские месторождения и условия залегания рудной толщи, во время работ по составлению геологической карты халиловского листа (М-40-21-13) в масштабе 1 : 50000, в согласии с мнением П. Л. Безрукова и А. Л. Яншина, указывает на переход рудной толщи в горизонтальном и вертикальном направлениях в юрские осадочные отложения, на залегание ее на размывтой коре выветривания серпентинитов и реже на породах силурийско-девонского возраста, на наличие реликтовых структур серпентинитов в рудах, на присутствие в некоторых местах пропластков глин в основании рудной толщи, на нахождение магнетита и хромита в руде. Таким образом, А. В. Хабаков приводит ряд фактов, свидетельствующих об осадочном происхождении руд, и на ряду с этим ряд наблюдений и соображений, указывающих на остаточное их образование.

Однако факты, противоречащие гипотезе латеритового происхождения, не принимаются им во внимание при заключении о генезисе месторождения. Он указывает, что литологические разновидности и структура руд дают ряд переходов от несомненных продуктов латеритового выветривания серпентинитов и элювиального обогащения железистых латеритовых остатков на месте к рудным образованиям, являющимся результатом делювиального перемыва и переотложения. Ссылаясь на данные Н. К. Разумовского, к числу образований элювиально-латеритового происхождения он относит руды из нижней части рудной толщи, сохранившие заметную реликтовую структуру серпентинитов, т. е. рыхлые охристые и слоистые (листоватые и пористые) руды и часть бобовых бурых железняков. Оолитово-конгломератовые железняки верхних горизонтов рудной толщи, особенно переслаивающиеся с осадочными породами, являются несомненно продуктами осаждения или

переотложения в водной среде. Он считает, что в ниже залегающих горизонтах оолитовых руд первоначально присущая им слоистость могла быть затушевана вторичными процессами миграции железа и переотложения его в виде жеод и прожилков. В итоге он высказывает мнение, что халиловские руды являются результатом остаточного обогащения при латеритовом выветривании серпентинитов и частичного дальнейшего деловиального или озерного переотложения железистых продуктов этого выветривания.

Г. И. Кириченко (1935) изучал Ново-Киевское, Георгиевское и Ново-Петропавловское железорудные месторождения во время съемки листа (М-40-21-А) геологической карты 1 : 50000. Его взгляды на генезис этих месторождений в общем близки к взглядам А. В. Хабакова, но он точнее характеризует руды латеритового происхождения, называя их окристыми; он отмечает также их связь с серпентинитами, но совершенно не останавливается на листоватых рудах. Оолитовые руды он считает продуктами перемыыва и переотложения или переработки на месте.

Н. К. Разумовский (1935) в своей сводной работе по съемке Блявинского района в масштабе 1 : 50000, производившейся геологами ЦНИГРИ, высказывается за остаточный генезис руд Халиловских месторождений, указывая обоснования, приведенные уже в работе А. В. Хабакова и Г. И. Кириченко. Он сводит доказательства латеритового происхождения руд, слагающих нижнюю часть рудного тела (латеритовые руды) в следующие рубрики: а) руды залегают непосредственно на серпентинитах; б) во всех рудах присутствуют в качестве обязательной примеси хром и никель; в) в латеритовых рудах наблюдаются остаточные структуры, свойственные серпентиниту, а также остатки ненарушенного серпентина. Иногда удается наблюдать картину постепенного перехода от латеритов к светлым маложелезистым серпентинитам. В отношении оолитовых руд Н. К. Разумовский склоняется к принятию объяснения возникновения их в толще пород на пути движения грунтовых вод.

Е. В. Копченова (1934) высказывает мнение об осадочном происхождении Халиловских месторождений. Она считает весьма вероятным, что вначале образование железных руд шло за счет латеритных процессов, затем образовавшийся латерит был механически перемыт и переотложен в водном бассейне. Во время процесса отложения руды произошло изменение физико-химического режима бассейна и вследствие этого изменилась структура руды и глинистая руда постепенно превратилась в бобовую. В прибрежных участках водоема шло отложение конгломерата, представляющего скопления бобов гидрогетита и кварцевой гальки, цементированных железистым цементом.

А. Д. Архангельский и Е. В. Копченова (1935) в работе, посвященной характеристике химического состава железных руд СССР в зависимости от условий их образования, относят халиловские руды к числу руд, образовавшихся в озерных и болотных условиях в мезозое и кайнозое. Относящиеся сюда месторождения авторы делят на три типа:

- 1) руды кислородной зоны,
- 2) руды бескислородной зоны и
- 3) руды бокситового типа.

Месторождения халиловских руд отнесены к третьему типу — к рудам бокситового типа: в высоком содержании  $Al_2O_3$  в халиловских рудах сказывается тесная связь их с бокситами, которые залегают в том же стратиграфическом горизонте и представляют отложения озерных бассейнов. Однако, в работе отсутствует более точное определение физико-химических условий образования Халиловских месторождений. Это обоснование дано в более поздней работе Е. В. Рожковой и Н. В. Соловьева (1936), которые пришли к выводу, что руды

бокситового типа представляют продукт выделения в прибрежной зоне озерного бассейна из растворов сернокислого железа и алюминия, причем вследствие щелочной реакции озерной воды происходило разделение и при выпадении гидратов глинозема и железа в зависимости от изменения рН обусловившего правильную смену бокситов железными рудами по мере движения от берегов бассейна. Возникновение бобового строения гидратов окиси железа в таких условиях было разобрано в специальных статьях Е. В. Рожковой (Рожкова, 1936; Рожкова и Соловьева, 1937).

В своей обобщающей работе А. Д. Архангельский (1937), подводя итоги работ руководимой им бокситовой группы, подробно останавливается на рудах бокситового типа и разбирает условия их образования. Он объединяет в одну группу бокситы и бобовые железные руды как два крайних члена железно-алюминиевых руд, связанных между собой постепенными переходами. Халиловские руды он относит к числу руд бокситового типа и считает, что они образовались в озерах юрского времени у серпентинитового массива, что и обусловило преобладание в растворах железа над алюминием и образование бобовых руд с господствующей окисью железа в бобах.

Однако в последние годы Переволоченское (Переволочанское) месторождение вновь изучал А. И. Олли (1938), который пришел к другому выводу о генезисе этого месторождения. Он установил полную постепенность и непрерывность переходов от почти свежего элювиально-делювиального материала к совершенно разложившимся разностям его, и от последних, через пятнистую толщу, к пористым, и, наконец, к бобовым латеритам. На этом основании А. И. Олли пришел к выводу, что месторождение образовалось не на дне мезозойского озера, а за счет латеритного распада *in situ* элювиально-делювиальной массы, заполнившей желобообразной формы Баймакскую депрессию. Бобовые латериты, по его мнению, возникли внутри латеритизированной толщи вблизи ее дневной поверхности путем выпадения гидроокисей алюминия и железа коллоидальных растворов. Вместе с тем А. И. Олли опровергает мнение А. Д. Архангельского об источнике полуторных окислов, накопившихся в юрских бокситах; он указывает, что источником их не могли быть окружающие пространства суши к западу и востоку от пос. Переволоченского, так как следов латеритов в этих районах не найдено. При чтении описаний латеритовых толщ, имеющих в работе А. И. Олли, бросается в глаза большое сходство в составе переволоченских латеритовых и бобовых пород с халиловскими: изотропный красный твердый глиноподобный минерал, входящий в состав этих латеритов, ближе не определенный А. И. Олли, повидимому является лептохлоритом. Обломки и кусочки различных минералов и пород, встречающиеся в составе бокситовых пород, теряющие свои резкие границы и сливающиеся с цементирующей глиноподобной массой, очень напоминают картину хлоритизации кластических материалов в составе грубослоистых руд.

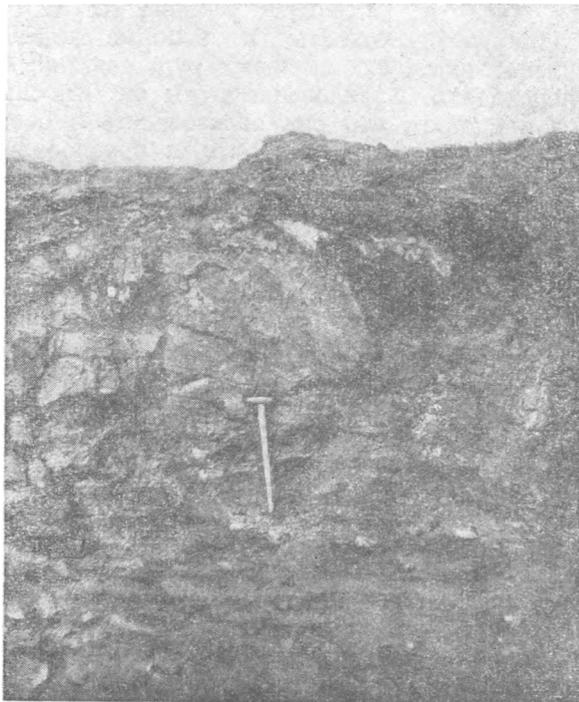
В первой краткой статье (Б. П. Кротов, 1937), где были даны результаты исследования Халиловских месторождений, мною приводился ряд данных, говорящих против латеритового происхождения и указывающих на осадочное образование этих месторождений.

Более подробно мною разбирались условия образования и преобразований, приведших к возникновению современных Халиловских месторождений, в более поздней работе 1939 г., где обоснован мой взгляд на Халиловские месторождения как на механические осадки первичных продуктов выветривания серпентинитов, к которым позднее присоединились и химические осадки железистых минералов и которые были в значительной степени замещены железистыми хлоритами в последних стадиях существования водного бассейна, где они отлагались; что еще

позднее, по выходе на поверхность, под влиянием просачивающихся и грунтовых вод железистые хлориты были частично разложены и замещены гидратами окиси железа.

### Условия залегания рудных тел

В виду наличия нескольких противоположных мнений о генезисе Халиловских железорудных месторождений, для решения этого вопроса необходимо в первую очередь выяснить условия залегания рудных тел— их взаимоотношения с подстилающими породами. Детальные наблюдения на изучавшихся месторождениях дали следующие результаты.



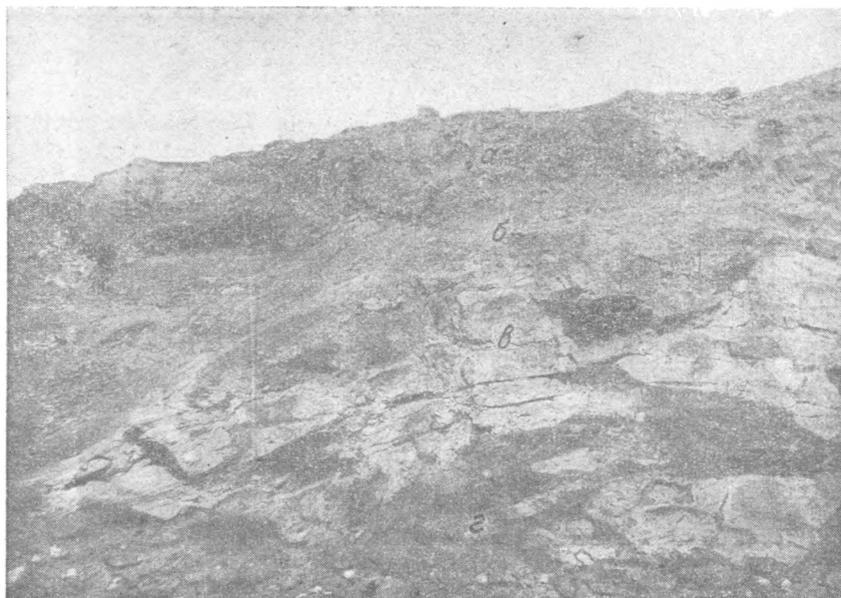
Фиг. 2. Граница между серпентинитом и покрывающей тонкослоистой рудой. Мало-Халиловское месторождение, западная стенка

В Мало-Халиловском месторождении подстилающими породами являются то карбонатизированные, т. е. замещенные кальцитом серпентиниты с сохранением строения, то слабо нонтронитизированные серпентиниты, то рыхлые нонтронитовые продукты, то диабазы. Рудная толща залегает на неровно размытой поверхности всех этих пород с общим наклоном на восток, заполняя все мелкие неровности рельефа палеозоя. Граница между рудной толщей и подстилающими породами всегда совершенно резкая и ясно отличимая, переходов между ними не имеется. На палеозойских породах лежат тонкослоистые гидрогетит-хлоритовые руды, изредка мелкие линзы бобовых руд (фиг. 2).

В Промежуточном месторождении, в северной части, руды лежат на гидрогетитовых охрах, переходящих книзу постепенно в силифицированные и карбонатизированные серпентиниты с реликтовой текстурой. Рудное тело в нижней части сложено из слоистых руд, которые переходят выше в гидрогетит-хлоритовые бобово-оолитовые руды, вдоль северной границы с примесью значительного количества кварцевых галек, к югу постепенно сменяющихся песком, затем тоже исчезающим. В восточной части месторождения рудное тело лежит на довольно рыхлых карбонатизированных серпентинитах. К северо-востоку рудное тело постепенно переходит в кварцевый конгломерат с железистым цементом, который залегает на разрушенных кремнистых сланцах и на серпентинитах. Граница между рудным телом и подстилающими породами видна вполне отчетливо.

В Ново-Киевском месторождении рудное тело залегает на карбонатизированных, т. е. полностью замещенных кальцитом серпентинитах, с сохранением строения, переходящих часто в карбонатно-нонтронитовую рыхлую породу. Скалистые гребни неровной поверхности серпенти-

нитов сложены силифицированными серпентинитами, постепенно переходящими вглубь в карбонатизированные. В центральной части северной залежи рудное тело лежит на слабо измененных серпентинитах, в южной же части постепенно поднимается по склону серпентинитовой возвышенности, образованной из кремнистой гидрогетитовой охры, которая по направлению вниз переходит постепенно в карбонатизированный и силифицированный серпентинит (фиг. 3). В северной залежи Ново-Киевского месторождения гидрогетит-хлоритовые слоистые руды, содержащие местами линзы и прослойки гидрогетитовых бобовых руд, заполняют все неровности рельефа поверхности палеозоя, причем граница между слоистыми рудами и подстилающими рыхлыми продуктами выветривания серпентинитов (нонтронит) и силифицированными породами очень резка. В случае залегания слоистых руд на карбонатизированных серпентинитах между ними наблюдается четкая граница на повышенных частях рельефа, но от-



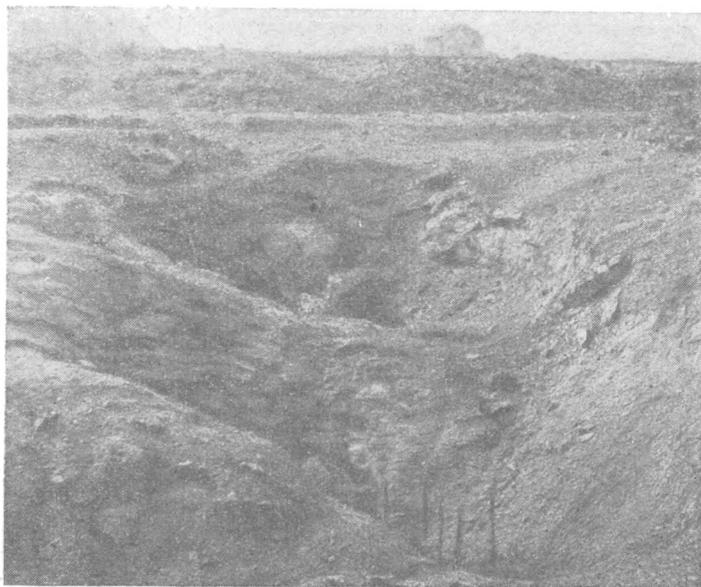
Фиг. 3. Скалистый выход серпентинита, покрытый тонкослойной рудой. В обнажении видны следующие зоны: руды (а) силифицированного (б), карбонатизированного серпентинита (в) и ее осыпь (г) (светлосерое). Граница между ними резкая. Ново-Киевское месторождение

сутствует резкая граница в понижениях, где карбонатизированный серпентинит в прилегающих к слоистым рудам частях обожрен, причем серпентин и нонтронит остались свежими, а карбонат частично или полностью замещен гидроокислами железа. Такие изменения карбонатизированных серпентинитов очевидно нужно ставить в связь с деятельностью грунтовых вод, которые накопились в понижениях: содержащиеся в растворе железистые соединения, впитываясь в карбонатизированные серпентиниты, замещали карбонаты и частью кварц. Слоистые руды обычного типа без всякого изменения в своем составе и характере переходят с одной разновидности подстилающих пород на другую. Бобово-оолитовые руды образуют линзы, прослои и карманы в слоистых рудах и прикрывают их сплошным слоем сверху.

В Георгиевском месторождении рудное тело в западной части залегает на кремнистой охре гидрогетита, переходящей ниже в карбонатизированную и силифицированную зону серпентинитов, частично обожренных. Однако слоистые руды сохранились только в пониженных частях

доюрского рельефа, а в западной части силифицированные серпентиниты и охры выходят на поверхность и окаймляют месторождение с запада сплошной полосой. Рудное тело здесь смыто. На восток палеозойский фундамент имеет постепенный наклон с несколькими резкими уступами.

В Ново-Петропавловском месторождении северная рудная залежь подстилается нонтронитизированными и карбонатизированными серпентинитами, центральная часть месторождения в северной части залегаёт также на нонтронитизированных породах, которые южнее сменяются обохренными карбонатизированными серпентинитами, а южная залежь расположена на каолинизированных породах, являющихся корой выветривания каких-то магматических пород, не вскрытых разведкой. Рудное тело в северной и центральной частях залежи лежит на сильно неровной поверхности серпентинитов, с углублениями, иногда имеющими воронко-



Фиг. 4. Карстообразные углубления в карбонатизированном серпентините, подстилающем рудную толщу. Руда выбрана. Орловское месторождение

образную форму. Типичные кремнистые гидрогетитовые охры здесь пока не встречены.

Рудное тело Ново-Петропавловского месторождения сложено из гидрогетит-хлоритовых слоистых руд, гидрогетит-хлоритовых бобово-оолитовых и глинистых конгломератовидных бобово-оолитовых руд, причем северная и центральные залежи образованы только из двух первых типов руды. Граница между телом и подстилающими породами резкая, без переходов; однако граница сильно затушевана в случае залегания рудной толщи на обохренных нонтронитизированных и карбонатизированных породах коры.

На Орловском месторождении рудное тело залегаёт на очень неровной поверхности карбонатизированной зоны серпентинитов, изобилующей буграми, гребнями, воронкообразными и канавообразными углублениями (фиг. 4). В северной части карьера рудное тело лежит на слабо нонтронитизированных серпентинитах. В средней части карьера поверхность карбонатизированных серпентинитов покрыта сплошной коркой марказита в одних местах и магнетита в других. Марказит сохранился частью свежим, частью изменился с поверхности в гематит, турьит или гидрогетит. Рудное тело обычного строения заполняет неровности по-

верхности палеозоя и покрывает ее пластом около 3 м мощности. Граница между измененными серпентинитами и слоистыми рудами очень резкая (фиг. 5). В карстовых углублениях замечается иногда, что в прилегающих к поверхности частях карбонатизированных серпентинитов развиваются чешуйки хлорита, одинакового характера с хлоритами рудного тела.

На Аккермановском месторождении, в противоположность всем другим, рудное тело залегает на нижнекаменноугольных известняках, находящихся недалеко от области развития серпентинитов. Поверхность известняков сильно закарстована, причем карстовые углубления то располагаются отдельными воронками среди известняков, то сливаются друг с другом и образуют обширные пониженные площади, покрытые воронкообразными углублениями разной глубины. Рудное тело резко отделяется от известняков и заполняет в одних случаях отдельные воронки, в других случаях обширные понижения с закарстованной поверхностью. Рудное тело сложено здесь внизу песчано-глинистыми рудами, аналогами грубослоистых руд остальных Халиловских месторождений. Эти руды сверху кое-где прикрыты бовово-оолитовыми рудами, сходными с аналогичными рудами Халиловских месторождений, или вторично переотложенными обломочными рудами.

Из приведенных данных совершенно ясно вытекает: 1) что рудное тело Халиловских месторождений залегает на различных породах (серпентинитах, известняках, диабазах) и на различных продуктах изменения серпентинитов (карбонатизированных, силицифицированных и нонтронитизированных серпентинитах); 2) что на поверхности карбонатизированных серпентинитов часто наблюдаются под рудным телом карстообразные углубления; 3) что кремнистая гидрогетитовая охра, переходящая постепенно в карбонатизированные серпентиниты, образует лежачий бок только в отдельных месторождениях или частях месторождений; 4) что между кремнистой охрой и рудным телом всегда имеется резкая граница и они не связаны друг с другом постепенными переходами; 5) что кремнистые гидрогетитовые охры являются продуктом обохривания и окремнения карбонатизированных серпентинитов, но не остатками от выветривания серпентинитов латеритного типа.



Фиг. 5. Залегание рудного тела (темное) на неровной поверхности карбонатизированного серпентинита (более светлое), ниже — осыпь. Орловское месторождение

Из всего этого вытекает заключение, что представление о латеритовом происхождении Халиловских месторождений было основано на недостаточных наблюдениях условий залегания рудного тела, вследствие чего кремнистые гидрогетитовые охры были отнесены к рудному телу Халиловских месторождений.

### Условия образования месторождений

В дальнейшем я перехожу к рассмотрению условий образования Халиловских месторождений, понимая под ними пластообразные рудные



Фиг. 6. Оруденелые растительные остатки в тонкослойной руде, разрез по длине волокон древесины. Ново-Киевское месторождение, обр. № 1—73,  $\times 150$ . Николи+

залежи, которые лежат на серпентинитах и на различных продуктах изменения серпентинитов и частью на других породах и которые характеризуются своим более или менее ясно выраженным слоистым сложением.

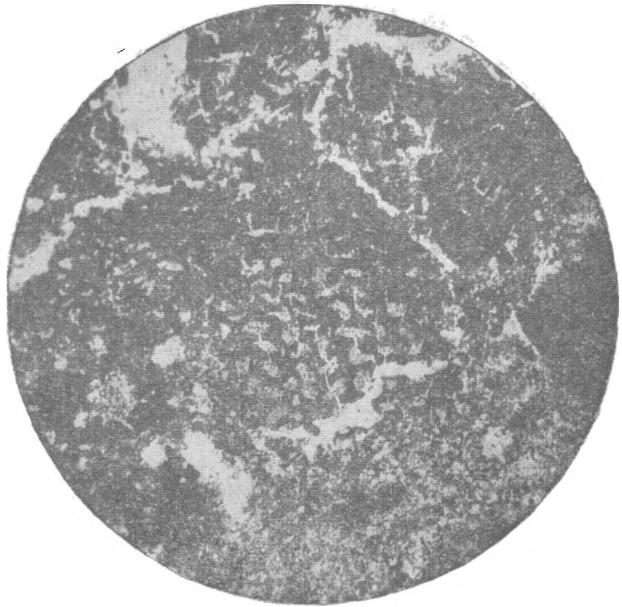
Микроскопическое изучение руд Халиловских месторождений показало, что первоначальный состав и сложение их в большинстве мест затушеваны или изменены новообразованиями и не могут быть восстановлены. Однако при детальном исследовании удалось найти в рудной толще более слабо измененные места, в которых можно проследить ход процесса изменения первоначального состава, установить минеральный состав и строение первичного месторождения и сделать заключение об условиях накопления первоначальных осадков. Эти данные позволили уточнить общие соображения А. Л. Яншина и П. Л. Безрукова (1934) о составе и условиях образования Халиловских железорудных месторождений, которые они принимали за химические отложения вдоль берегов озер.

#### а) Первая стадия образования — накопление первоначальных осадков

Нижние горизонты рудного тела Халиловских месторождений, образованные из тонкослойных руд, в типичных случаях особенно резко отличаются по своему сложению от подстилающих пород. Типичные тонкослойные руды характеризуются своим бурым или кирпично-красным цветом и своим тонкослойным сложением. Однако в тех случаях, когда они залегают на рыхлых нонtronитовых продуктах или когда в нижней части тонкослойных руд замечаются участки и прослойки из обломков нонtronитизированных серпентинитов и в составе самой тонкослойной руды встречается много минералов коры выветривания, резкая разница в составе и цвете между ними значительно ступеневывается.

Сравнительное изучение тонкослойных руд разных Халиловских месторождений позволяет сделать вывод, что первоначально они представляли собой рыхлые продукты размыва серпентинитов и коры их вывет-

ривания, которые в виде тонкого или были отложены в водоемах, находившихся в Баймакской депрессии. Эти осадки прежде всего заполнили более глубокие места в водоемах, имевшие форму борозд, неправильных карманов и ям, которые образовались вследствие неравномерного размывания потоками поверхности палеозойских пород в пределах депрессии. Эти рыхлые осадки, заполнив все отрицательные формы макрорельефа, постепенно накапливаясь, засыпали затем и погребли и все положительные формы макрорельефа в виде бугров, скал, гребней и т. д. Рыхлые осадки показывают более или менее ясно выраженную слоистость и состоят из чередующихся слоечков илистых частиц хризотилового и антигоритового серпентинитов, кальцита и доломита, пеннина, нонтронита, хромшпинелидов магнетита и иногда остатков обугленных растений (фиг. 6 и 7). Эти осадки обычно имеют форму настоящих слоечков или линз и отличаются то однородным отсортированным, то неотсортированным и смешанным составом. Однако, в составе тонкослоистых руд были встречены до сих пор исключительно механические осадки. Минералы, принимающие относительно небольшое участие в составе породы, как, например, хромшпинелиды, не образуют настоящих слоев, а лишь пропластки, обогащенные этими минералами. Минералы листоватой формы, как, например, пеннин, располагаются обычно своей широкой стороной параллельно слоистости и дают прослойки или же скопляются в форме мелких линз, в которых они не имеют ориентированного положения (фиг. 8). Характерно, что в минеральном составе первичных осадков совершенно не был встречен гидротетит или гидрогематит.

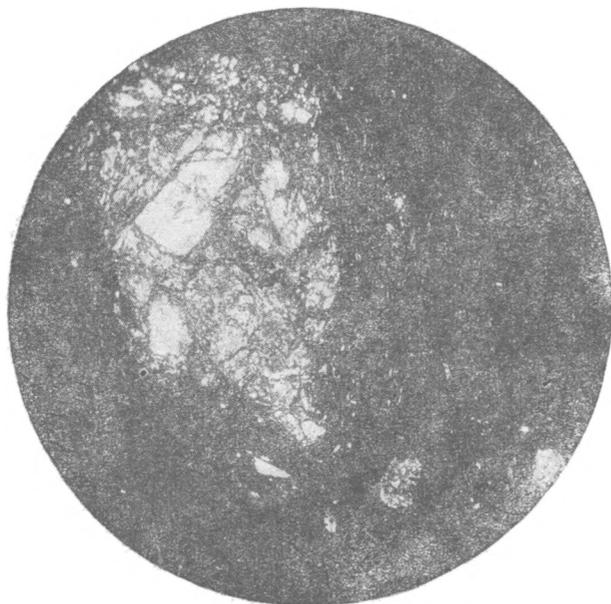


Фиг. 7. Оруденелые растительные остатки в тонкослойной руде, разрез перпендикулярно длине волокон растения. Н во-Киевское месторождение, обр. 1—73,  $\times 150$ . Николи+

Кверху тонкослоистые руды постепенно переходят в грубослоистые руды, которые характеризуются своей большей крупнозернистостью и в которых слоистость иногда совершенно отсутствует в настоящее время. В составе грубослоистых руд принимают участие обломки серпентинитов, кварца, хромшпинелидов, кальцита, доломита, каолининовой глины в виде остроугольных и окатанных кусков и фрагменты растений разного рода. Порода состоит из плохо отсортированного по крупности обломочного материала. Часто более крупные по размерам песчинки бывают сцементированы более тонкообломочным материалом (фиг. 9, 10, 11). Растительные остатки образуют не сплошные слои, а пропластки, обогащенные мелкими фрагментами их.

В верхних горизонтах грубослоистых руд к механически отложенному материалу присоединяются минеральные образования, первоначально единичные, являющиеся несомненно химическими осадками: оолиты кальцита и железистого хлорита. Затем количество оолитов железистого

хлорита постепенно увеличивается, и слоистые руды переходят в вышележащие бобово-оолитовые отложения. В составе бобово-оолитовых отложений имеются более крупные рудные выделения — оолиты, бобы, рудные и нерудные гальки и, затем, песок и цемент. Оолиты образованы из железистого хлорита и гидрогетита, причем часто оолиты хлорита содержат в качестве периферической или промежуточной зоны гидрогетит или сидерит. Гидрогетит образует и самостоятельные оолиты. Оолиты кальцита встречаются редко. Рудными бобами мы называем, в согласии с предложением А. Д. Архангельского и Е. В. Копченовой (1935), выделения окислов и гидроокислов железа или железистого



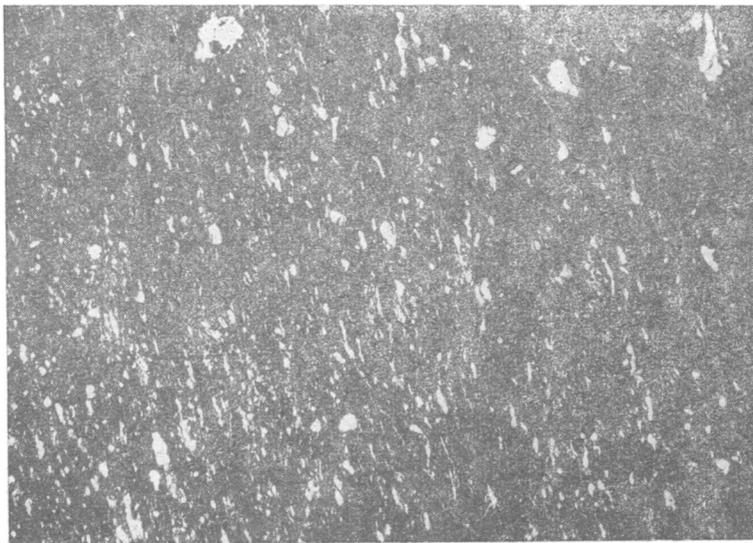
Фиг. 8. Микролинзы пеннина в прослое изотропного хлорита (в основании тонкослоистых руд) Мало-Халиловское месторождение, обр. 17,  $\times 16$ . Николи+

хлорита, которые не имеют концентрически скорлуповатого сложения, но не ограничиваем понятие о бобе размерами и составом вещества. Очень часто они содержат в середине зерна магнетита, хромшпинелида или обломки растений (фиг. 12, 13). Иногда весь боб представляет собой оруденелый угловато-окатанный обломок растения, с ясно видимым клетчатым строением (фиг. 14). Некоторые бобы состоят из гидрогетита внутри и гидрогематита снаружи. Таким образом, бобы бывают образованы из железистого хлорита, пематита, турьита и гидрогетита. Кроме бобов в бобово-оолитовых

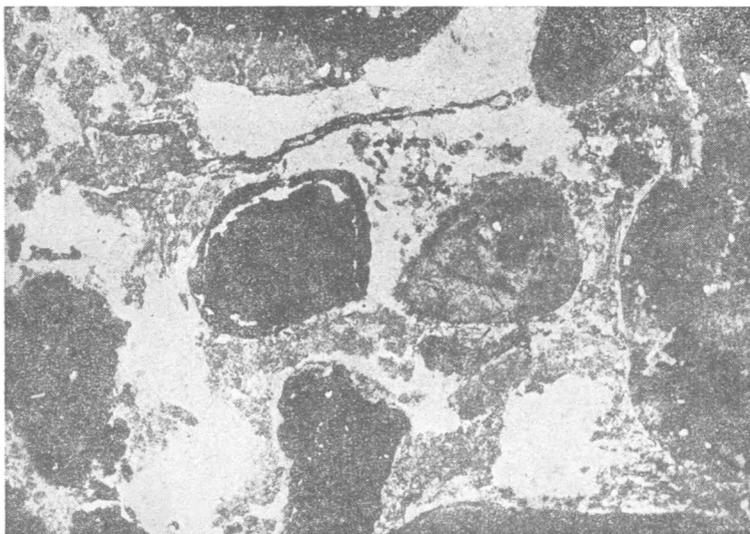
рудах местами присутствуют окатанные обломки переотложенных бобово-оолитовых руд в виде галек и песчинок. Часто поверхность рудных галек имеет гляцевую поверхность, сходную по характеру с поверхностями возникающими при полировке ветром. К числу рудных песчинок относятся также окатанные и неокатанные обломки и реже кристаллики хромшпинелидов, магнетита, иногда обросшие с одного бока хлоритом. Нерудные гальки и песчинки в бобово-оолитовых рудах принадлежат чаще всего кварцу и кремню, реже слюдяному сланцу, кремнистому сланцу и каолиновой глине. Цемент бобово-оолитовых руд сложен мельчайшими и средней крупности частицами глины, карбоната, кварца, серпентинита, причем кверху каолиновой глины увеличивается. Изредка в цементе встречается марказит в виде мелких зернышек. Марказит иногда обрастает зернышки магнетита.

Верхняя часть пласта гидрогетит-хлоритовых бобово-оолитовых руд отличается содержанием большего или меньшего количества обломков каолиновой глины и выделений гидраргиллита. Бобы гидрогетита достигают здесь больших размеров, чем в нижних частях пласта. Вследствие значительного колебания в количестве бобов и обломков каолиновой глины эти части рудного тела то имеют строение обыкновенных бобово-оолитовых руд, то приближаются по своему строению к конгло-

мератам. На этом основании верхняя часть толщи бобово-оолитовых руд получила название «глинистых конгломератовидных бобовых руд». Однако в некоторых местах обломки глины находятся не в верхних, а



Фиг. 9. Слабохлоритизированная гидрогетит-хлоритовая руда, в которой сохранились остатки первоначального состава и строения из тонкообломочного материала, со следами слоистости. Ново-Киевское месторождение, обр. 5,  $\times 20$ . Николи ||



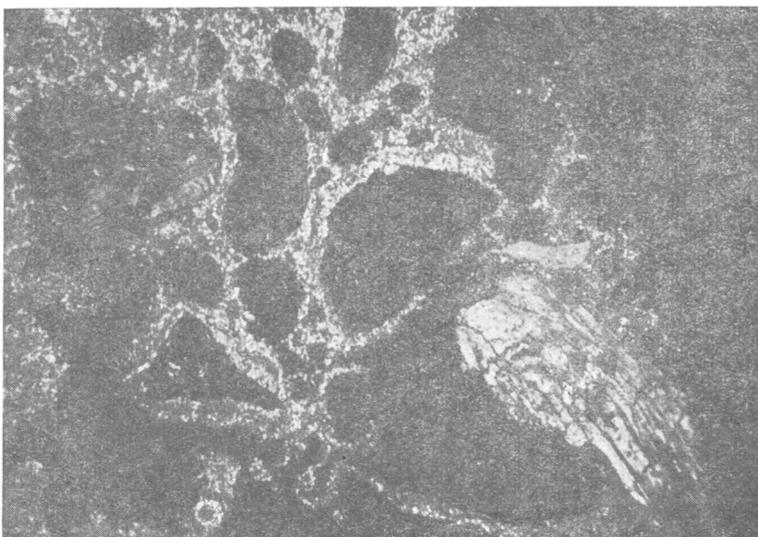
Фиг. 10. Бобово-оолитовая руда с карбонатным цементом (белое). На рисунке в середине и справа видно замещение магнетитовых бобов (черное) карбонатом. Светлосерые пятна — хлорит, заместивший кальцит; округло-угловатые зерна — песчинки глины, замещенные зренвертитом (темносерое). Мало-Халиловское месторождение, обр. 28а,  $\times 45$ . Николи ||

в средних частях толщи бобово-оолитовых руд. Минералогический состав бобово-оолитовых руд в общем одинаков в обеих разностях их.

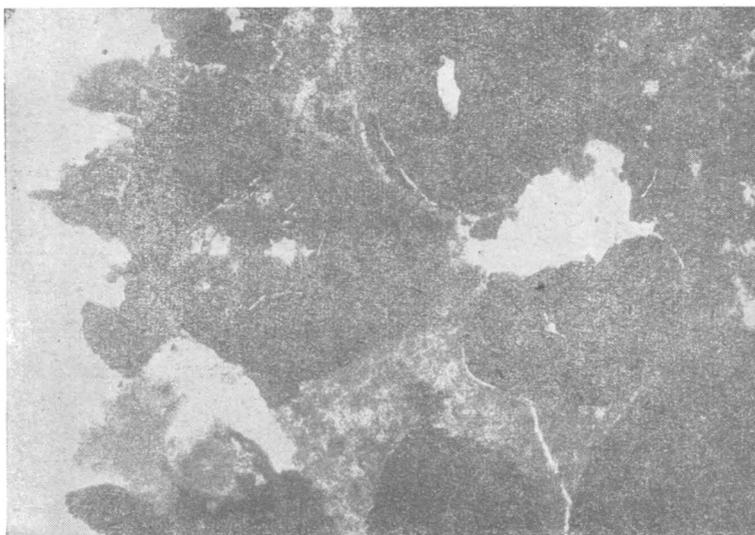
Местами в глинистых конгломератовидных бобово-оолитовых рудах

присутствует значительное количество оруденелых растительных остатков разного типа.

Бобово-оолитовые руды показывают очень характерное изменение состава в горизонтальном направлении: в них наблюдается иногда постепенное увеличение содержания кварцевого песка и переход в железистые



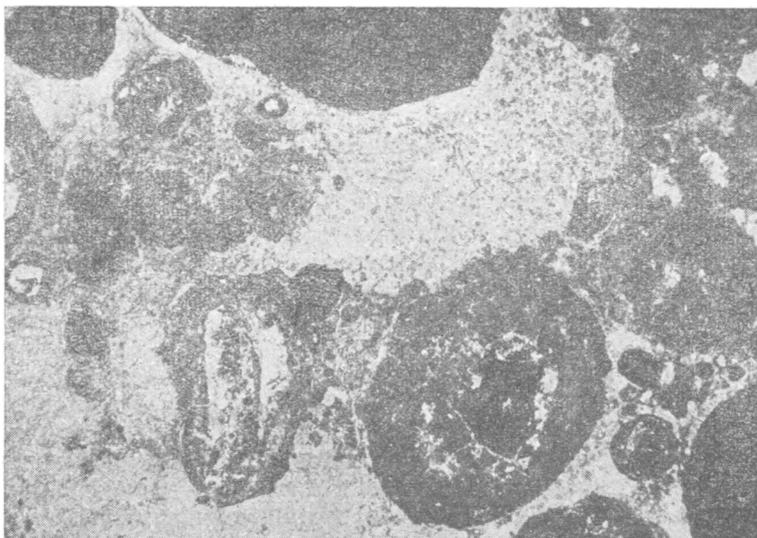
Фиг. 11. Бобово-оолитовая руда с песчинками серпентинита (светлосерое вверху в левом углу и темносерое внизу в правом углу) с заметной сетчатой текстурой серпентинита; цемент хлоритовый. Мало-Халиловское месторождение, обр. 28а,  $\times 45$ . Николи+



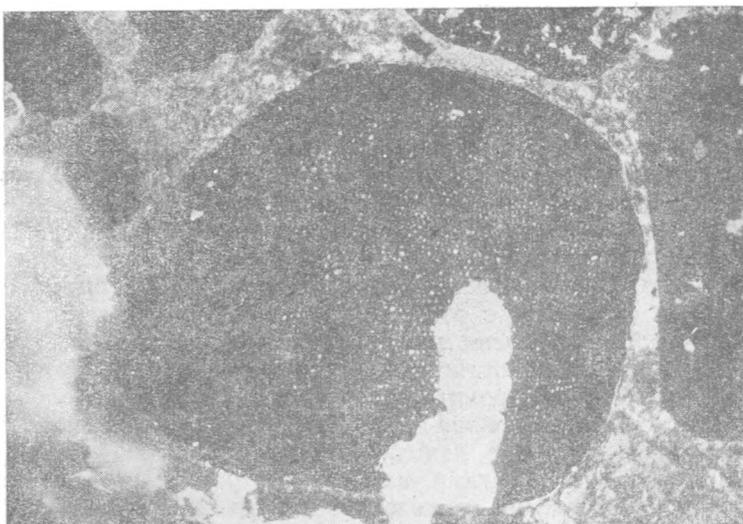
Фиг. 12. Бобово-оолитовая руда с хлоритовым цементом. В одном из бобов (черные) крупное включение шпинели, окаймленное белыми контурами. Ново-Киевское месторождение, обр. 12а,  $\times 86$ . Николи ||

стые песчаники, образованные из кварцевого песка, некоторого количества бобов и оолитов гидрогетита и железисто-хлоритового или гидросгетитового цемента. Еще дальше в том же направлении в железистых песчаниках начинают появляться отдельные гальки кварца, а затем пес-

чаник переходит в железистый конгломерат, состоящий из галек кварца и цемента из бобов и оолитов гидрогетита, кварцевого песка и цементирующей железистой массы. Железистые песчаники и конгломераты очень часто содержат большое количество более крупных оруденелых растительных остатков и отпечатки их.



Фиг. 13. Бобово-оолитовая руда с хлоритовым цементом, заместившим почти полностью карбонатный цемент. В центре оолит, состоящий из магнетитового зернышка в середине, частью замещенного и обросшего карбонатом, который позднее частью замещен гидрогетитом. Справа другой оолит — перекристаллизованный и замещенный гидрогетитом карбонатный оолит. Орловское месторождение, обр. 202/1,  $\times 45$ : Николи ||



Фиг. 14. Псевдооолит — оруденелый окатанный обломок растения. Ново-Киевское месторождение, обр. 5а,  $\times 75$ . Николи ||

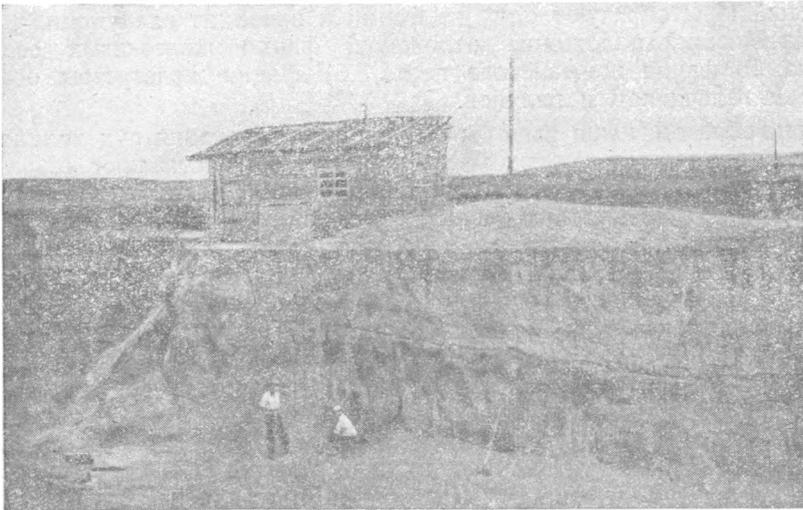
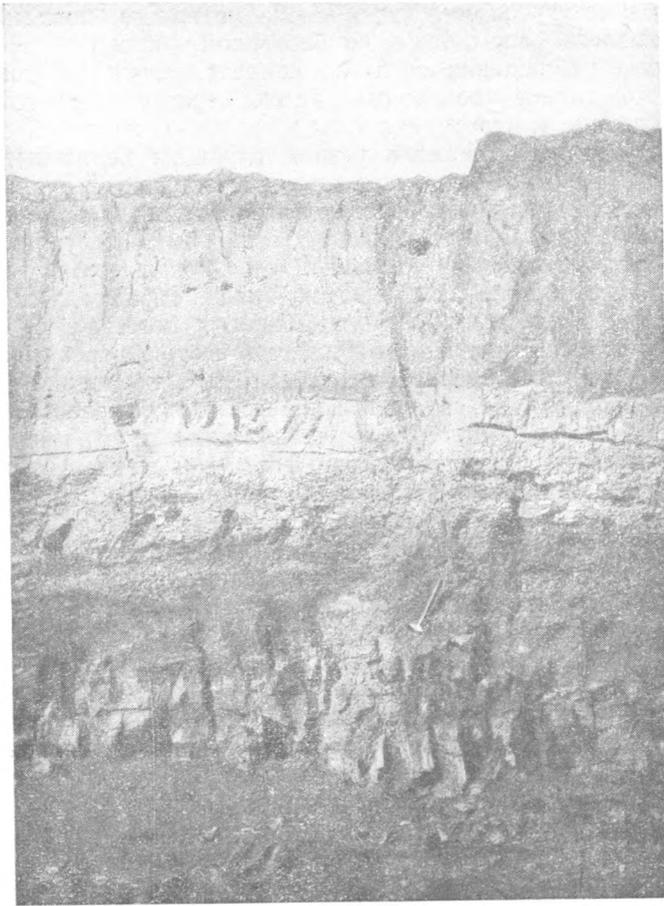
В других направлениях в бобово-оолитовых рудах начинает иногда постепенно увеличиваться количество глинистого цемента, и бобово-

оолитовая руда переходит в глинистую породу с обугленными растительными остатками и редкими бобами.

Переход бобово-оолитовых руд в песчаники и конгломераты с железистым цементом очень ярко выражен на Промежуточном месторождении, где этот переход наблюдается в северном направлении, на Ново-Киевском месторождении, где такая смена местами замечается в восточном и северном направлениях в северной залежи. На Ново-Петропавловском месторождении в восточном направлении переход бобово-оолитовых руд в углистые глины с бобами представляет собой очень распространенное явление в разных местах в средней и в верхней частях рудной толщи. Бобово-оолитовые гидрогетит-хлоритовые руды в некоторых местах залегают не на слоистых рудах, а на галечниках, переходящих в конгломераты и песчаники с железистым цементом. Это наблюдается, например, в северной части Промежуточного месторождения.

Увеличение песчанистого и галечникового материала в бобово-оолитовых рудах в горизонтальном направлении приурочено к определенным участкам, а именно к повышенным частям рельефа поверхности серпентинитов; переход бобово-оолитовых руд в песчанистые и конгломератные бобовые руды сопровождается исчезновением оолитов лептохлорита и утонением и выклиниванием рудного тела. Песчанистые и конгломератовидные руды в плане в виде зон опоясывают повышенные участки серпентинитового фундамента. Такой характер распределения обломочного материала по крупности около выходов серпентинитов и присутствие более крупных растительных остатков в этих грубообломочных отложениях свидетельствуют об образовании рудной толщи недалеко от берега бассейна, об отложении рудной толщи в качестве одной из фаций осадков данного бассейна и о некоторых фациальных изменениях в бассейне во время отложения осадков, вызванных передвижением береговой линии, волнениями, изменением скорости течения и т. д. Это обусловило в упомянутом выше случае перекрытие конгломератов бобовыми рудами, образование линз и прослоек бобово-оолитовых руд в слоистых рудах, разную крупность бобов в бобово-оолитовых рудах. На Орловском месторождении в бортах карьера (фиг. 15 и 16) наблюдается в верхней части толщи бобово-оолитовых руд наличие оруденелых корней древних растений. Этот факт показывает, что рудное тело в данном месте после отложения бобовой руды временно выходило на поверхность и выветривалось, а потом снова было покрыто водами бассейна, оставившего на ней глинисто-алевритовые осадки. На Ново-Киевском месторождении верхние горизонты бобово-оолитовых руд местами превращены в дресву, что также указывает на выход их временно на поверхность. В том же Орловском месторождении южнее современного карьера рудное тело в двух местах оказалось совершенно размытым: вместо него в этих местах залегают только отдельные глыбы руды, прикрытые глинисто-алевритовыми породами. Местные изменения базиса эрозии и связанные с этим явления частичного размыва и перемыва рудной толщи во время и после отложения руды наблюдаются во всех Халиловских месторождениях. Они проявляются прежде всего в том, что среди бобово-оолитовых руд встречаются прослойки, содержащие гальки и обломки бобово-оолитовых руд, в большей или меньшей степени окатанные и даже заполированные. Явления размыва рудной толщи выражаются местами, как, например, на Мало-Халиловском месторождении, в появлении на поверхности рудного тела борозд и рытин, а также в отсутствии местами верхних горизонтов рудной толщи.

На изменение береговой линии во время процесса отложения руд указывает также и изменение в вертикальном направлении крупности зерна обломочного и химически осажденного материала; в слоистых рудах мы имеем пелитовый материал, в бобово-оолитовых — псаммитовый, а в глинистых конгломератовидных бобовых рудах — переходный от



Фиг. 15 и 16. Налегание юрской толщи (светлосерое) на бобово-оолитовую руду (темносерое). Граница между ними резкая. Верхняя часть толщи бобово-оолитовых руд подверглась процессам выветривания во время выхода на поверхность в юрское время и содержит много остатков корней растений (выше молотка). Орловское месторождение

псаммитового к псефитовому. Такая смена материала, повидимому, также обуславливалась расстоянием до береговой линии.

Приведенные наблюдения согласно свидетельствуют о том, что отложение рудной толщи происходило вдоль берегов бассейнов, сложенных серпентинитами, и что рудная толща представляет собой отложения, приуроченные к частям бассейна разной глубины: пелитовые обломочные материалы, из которых позднее образовались слоистые руды, отложились в более глубоких частях бассейнов и дальше от берегов, бобово-оолитовые руды отлагались ближе к берегу и в более мелких местах; железистые песчаники и конгломераты с бобами накопились еще ближе к берегам. Таким образом толща бобово-оолитовых руд слагает зону, располагающуюся недалеко от берегов, а именно между зоной песка и зоной ила, но частью перекрывая их.

Условия образования бобово-оолитовых руд в последние годы неоднократно останавливали на себе внимание геологов за границей и в СССР.

Так, Клюпфель (Klüpfel, 1926), изучавший зависимость между тектоникой, седиментацией и палеогеографией формации железных руд Везера в верхней юре в Германии, установил на профилях через рудоносную зону присутствие следующих береговых зон: 1) берег суши из глин и песков; 2) зона штранда — терригенные пески и глины с остатками растений, ряби на песке и т. д.; 3) доштрандовая зона — флишеподобные образования из более мелкого пластического материала, с пиритом; 4) морская смешанная зона с выпадением железистых оолитов *in situ*, по составу представляющая смесь песка, глины, железистых и известковых оолитов; 5) морская, более отдаленная от берегов зона: преимущественно химические осадки — битуминозные известняки и оолиты, плотные известняки. Отсюда видно, что железисто-оолитовая зона сменялась ближе к берегу песками, а далее от берега известковыми оолитами и известняками. Клюпфель объясняет такое зональное расположение осадков выпадением труднее растворимых железистых веществ ближе к берегу, чем известковых осадков, более легко растворимых.

Вопрос об условиях образования железистых оолитов в триасе и юре юго-западной Германии составлял предмет изучения Франка (Frank, 1937). Он отмечает, что железистые пески и оолиты в разрезе береговых отложений юры образуют одну из фаций и приводит следующий разрез, характеризующий положение отложений фаций железистых оолитов: 1) суша, 2) фация железистого песка, 3) фация железистых оолитов, 4) фация галечников и валунов.

Таким образом, наши выводы об условиях залегания руд халиловского типа вдоль берегов водных бассейнов, где они составляют одну из зон прибрежных отложений, имеющих определенное положение среди прибрежных отложений, вполне совпадают с наблюдениями исследователей, которые изучали в Германии положение толщ железистых оолитов среди отложений юрского времени вдоль берегов водных бассейнов. Железорудные месторождения халиловского типа рядом постепенных переходов связаны с бобовыми бокситами и бокситами мезозойского времени, которые изучались под руководством акад. А. Д. Архангельского бригадой сотрудников Института геологии и минералогии и Института прикладной минералогии. В ряде работ, опубликованных сотрудниками этой бригады в разных изданиях и в сводной работе А. Д. Архангельского (1937), установлен ряд закономерностей состава, строения и условий залегания бокситов: 1) постоянная территориальная связь мезозойских бокситов с корой выветривания палеозойских пород; 2) приуроченность бокситов к краевым частям древних заполненных осадками котловин; 3) смена гидратов глинозема, выделявшихся у берегов, гидроокислами железа в большем удалении от берега; 4) зависимость состава железо-алюминиевых бобовых руд от развитых по соседству изверженных горных пород.

Характерной особенностью залегания бокситов А. Д. Архангельский считает «приуроченность к понижениям древнего рельефа. В пределах депрессий бокситоносные осадки могут залегать на породах самого разнообразного возраста и состава». В породах, заполняющих древние впадины, иногда удается наблюдать сортировку материала по крупности зерна, вполне отвечающую озерному типу отложений. «Самые бокситы в огромном большинстве случаев приурочиваются к крайним частям древних озерных бассейнов и с удалением от них быстро выклиниваются».

Особенно много данных об условиях залегания бокситов имеется в работах П. Л. Безрукова и А. Л. Яншина (1934, 1937), изучавших бокситы Переволоченского месторождения Южного Урала и Мугоджар. Они указывают на прибрежный мелководный характер бокситоносных отложений, на переход бокситов по простираанию в некоторых местах в грубые песчаные осадки. Но и в этих работах еще нет четкого представления об образовании и залегании бокситов в качестве одной из прибрежных фаций, занимающей свое определенное положение среди прибрежных отложений, закономерно сменяющих друг друга в горизонтальном направлении.

Очень важные результаты получены были сотрудниками бригады при решении поставленной им А. Д. Архангельским задачи — выяснить соотношение между химическим составом бобовых руд и развитыми по соседству породами. Б. М. Федоров (1937) в результате своих исследований на Урале и в Мугоджарах, примкнул к ранее высказанному мнению А. Л. Яншина о большом влиянии окрестных пород на состав бокситов. «Наиболее обычные красные бобовые бокситы — пишет А. Л. Яншин — приурочены к площадям преимущественного распространения железистых полевошпатовых пород (порфиринов, их туфов, диоритов и т. п.). В районах развития змеевиков и габбро они замещаются бобовыми железняками, содержащими никель и хром. Светлые бокситы, бедные железом, наблюдаются вблизи выходов различных осадочных пород и гранитов. Все петрографические типы бобовых бокситов связаны между собой постепенными переходами и часто наблюдаются в одних и тех же месторождениях.

Необходимо остановиться в дальнейшем на характеристике того бассейна, который существовал в Халиловском районе в юрское время и в котором происходило образование месторождений халиловского типа.

Высказывания по этому вопросу имеются в работе П. Л. Безрукова и А. Л. Яншина (1934), которые при изучении юрских отложений и месторождений бокситов на Южном Урале подробно разбирают вопрос о месте образования руд Переволоченского и Халиловского месторождений. Все эти месторождения находятся в пределах Баймакской синклинальной зоны (по Л. С. Либровичу), которая во время наступившего с конца перми континентального периода, представляла собой пониженный участок между антиклинальными хребтами Урал-Тау и Ирэндыком. В течение триаса и юры происходило выветривание Урала и понижение хребта. Мы еще не знаем точно мощности наносов, заполнивших Баймакскую депрессию в Халиловско-Переволоченском районе, и не имеем точного представления о характере рельефа поверхности континента в этом месте, но, повидимому, мощность наносов мезозоя значительна, и А. Л. Яншин оценивает мощность юры в центральной части Баймакской депрессии несколькими сотнями метров.

Таким образом, в течение пермского и триасового времени Южный Урал представлял область сноса, а не накопления осадков. В нижней же и средней юре мы наблюдаем в исследованном нами районе и соседних частях Южного Урала на больших пространствах отложение мощных континентальных толщ. «Юрские толщи исследованного района — пишет А. Л. Яншин — обязаны своим происхождением существованию

мощных потоков, двигавшихся с севера вдоль депрессии Баймакской синклиальной зоны. На севере района и дальше за его пределами, там, где юрские осадки сейчас размыты, потоки накапливали мощные толщи грубых и неотсортированных пролювиальных отложений, южнее же они расплывались по довольно широкой плоской аллювиальной равнине, пологонаклоненной на юг, образуя временные, более или менее обширные и в большей части, вероятно, мелкие озерные водоемы, то разобщенные, то соединенные между собой, заполнявшиеся осадками, пересыхавшие и возникавшие на новых местах. Сеть озер вероятно имела более или менее постоянный сток на юг за р. Урал в бассейн р. Ори. В этом направлении водоемы делались более крупными и постоянными, о чем свидетельствует большая выдержанность и мощность слоев, а также тонкость осадков, наблюдающихся в южной части района». В другом месте А. Л. Яншин сравнивает бассейны, в которых отлагались переволоченские латериты, с бассейнами, в которых образовались халиловские руды: «распространение латеритов ограничено полузамкнутыми участками юрского бассейна, часто отгороженными барьерами от центральной его зоны, железняки же распространены вдоль его открытого берега и в связи с этим занимают гораздо большую площадь».

Наши исследования подтверждают это мнение, но вместе с тем позволяют несколько детализировать выводы. Размеры и формы бассейнов, повидимому, и в южной части Баймакской депрессии были очень разнообразны; так, Георгиевское месторождение вскрыто по длине на 7 км, в то время как Промежуточное и Мало-Халиловское имеют небольшие размеры.<sup>1</sup> Точное представление о форме и величине их, однако, не удалось составить, так как восточная граница рудных площадей осталась в большинстве случаев не выясненной из-за больших глубин залегания руд. Однако, открытие Восточного Георгиевского месторождения в 1938 г. позволяет думать, что месторождение имело здесь не менее 3 км в ширину.

В виду того, что месторождения образовались в условиях прибрежных бассейнов, сами бассейны имели гораздо более значительные размеры.

Установлено, что месторождения в настоящее время находятся на различной абсолютной высоте: Орловское 250—280 м, Мало-Халиловское 300—320 м, Промежуточное 310—360 м, Ново-Киевское 360—370 м, Георгиевское 360—375 м, Ново-Петропавловское 394—413 м, Аккермановское 240—280 м. Разница в высоте может зависеть от образования озер на разных уровнях в юрское время или от последующих тектонических явлений в юрском периоде и позднее, вызвавших неодинаковое поднятие различных участков района. Несомненно, однако, что разница в высоте существовала уже в юрское время и что только путем размыва тогда месторождений можно объяснить появление галек и песчинок из оолитовых руд в толще бобово-оолитовых руд различных Халиловских месторождений.

П. Л. Безруков и А. Л. Яншин проводят параллель между условиями образования бокситов Переволоченского и железных руд Халиловских месторождений. Они считают, что глинистые латериты, слагающие основание рудной толщи Переволоченского месторождения, и бобовые латериты, их прикрывающие, являются аналогами латеритовых или глинистых железняков основания Халиловских месторождений и оолитовых руд, которые их сменяют выше.

Глинистые латериты, по воззрениям авторов, возникли путем механического переноса и отложения материала коры выветривания. Бобовые латериты образовались в главной своей массе путем выпадения по-

<sup>1</sup> Весьма вероятно, что месторождения Мало-Халиловское, Промежуточное, Ново-Киевское и Георгиевское являются частями одного крупного бассейна, разделенного оврагами и размытыми участками.

луторных окислов из коллоидных или ионных растворов. О деталях образования слоистых и бобово-оолитовых руд Халиловских месторождений П. Л. Безруков и А. Л. Яншин не высказываются, ограничиваясь только указанием, что они представляют собой серию нормальных осадков и имеют строение, аналогичное строению рудной толщи Переволоченского месторождения. Несомненно, что бобовые руды они считают продуктами химического выпадения.

Условия образования бокситов и бобовых железных руд в мезозойских отложениях Урала и Сибири более детально изложены в работе А. Д. Архангельского (1937), подводящей итоги работ бригады геологов под его руководством. А. Д. Архангельский рассматривает бокситы и бобовые железняки как единую группу минеральных образований, связанных между собой переходами. К выяснению генезиса этих образований А. Д. Архангельский подходит путем изучения условий образований вмещающих пород и их стратиграфического положения. В согласии с мнением П. Л. Безрукова и А. Л. Яншина он относит бокситы Переволоченского и бобовые железняки Халиловских месторождений к хайбуллинской свите юры и считает, что они отложились в бухтах бассейнов. Условия залегания этих минеральных образований заставили А. Д. Архангельского отвергнуть латеритовую гипотезу их образования и признать их за химические осадки. Исходя из парагенезиса встречающихся в рудах минералов, он признал их за осадки из растворов, содержащих железо, алюминий и титан, стекавших с суши в бассейны и выделявших здесь заключавшиеся в них вещества при переходе в другие физико-химические условия среды. Кроме выяснения общих условий образования бокситов и бобовых железняков, А. Д. Архангельский встал на путь изучения химических реакций, протекавших в природе и вызвавших образование бокситоносных комплексов. Для этого под его руководством были поставлены опыты получения в лаборатории бобов и лептохлоритов, а также опыты для выяснения влияния углекислоты на различные минералы.

Произведенные опыты привели Е. В. Рожкову и Н. В. Соловьева (1936) к выводу, что воды потоков, содержащих в растворах серноокислые соли алюминия и железа, попадая в бассейны, где вода имеет щелочную реакцию, изменяют первоначальную концентрацию водородных ионов, что и вызывает выпадение гелей бобового строения. Авторы считают, что воды в бассейнах, где происходило образование бокситов, имели восстановительный характер (присутствие шамозита и сидерита) или слабо окислительный (присутствие магнитных коллоидных окислов железа). «При проникновении кислых береговых вод в щелочные воды бассейна в первую очередь (при  $pH=4$ ) будут выпадать преимущественно гидраты окиси алюминия и окисного железа и, быть может, небольшое количество закисного железа, в последующую (при  $pH=5.0 \div 6.0$ ) — соединения закисного железа и меньшее количество гидрата окиси алюминия. Очевидно этим фактом должно быть объяснено то явление, что у берегов водоемов откладываются руды с большим содержанием глинозема, тогда как в центральных его частях количество глинозема иногда настолько падает, что боксит постепенно переходит в железную руду. Изменением  $pH$  на коротких расстояниях как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях, очевидно, можно объяснить и постоянную изменчивость руды».

Е. В. Рожкова и Н. В. Соловьев считали, что их опыты не только осветили вопрос об условиях выделения железных руд, но и выяснили условия образования бобового строения их. Однако А. Д. Архангельский предостерегал от переоценки значения опытов в отношении разрешения вопроса о генезисе бобов, так как в результате опытов твердых бобов получено еще не было и обстановка опытов была далека от природной.

А. Л. Яншин считает, что при переносе вещества бокситов значительную роль играли сульфатные растворы, но допускает, что «в некоторых месторождениях наряду с сульфатным переносом или даже при его отсутствии главную роль играли другие кислоты минерального или органического происхождения. Наконец, часть глинозема могла перенестись в коллоидном состоянии».

Вышеизложенные представления бокситовой бригады А. Д. Архангельского о ходе реакций выделения железистых бобов и бокситовых руд в пределах Баймакской депрессии в конечном счете сводят процесс образования этих руд к одновременному выпадению всех минеральных образований из смешанных растворов.

Наши исследования Халиловских железорудных месторождений, сопровождавшиеся детальным минералого-петрографическим изучением руд, привели к выводу о наличии двух стадий в ходе процесса образования Халиловских месторождений железных руд: первая стадия — стадия первоначального накопления осадков — описана ранее. Слоистые руды Халиловских месторождений, которые А. Л. Яншин считает аналогами глинистых латеритов в районе Переволоченска, как указано выше, в эту стадию представляли собой механическое накопление рыхлых продуктов выветривания и не являлись железной рудой, так как в них не было ни лептохлоритов, ни гидроокислов железа. Бобово-оолитовые руды в первую стадию образования месторождений, как видно из описания, состояли из рыхлого механически отложенного материала, к которому присоединялись в разном количестве продукты химического осаждения: оолиты хлорита и кальцита, оолиты и бобы гидроокиси железа и частью глинозема, стяжения марказита. Осадки, заключавшие большое количество бобов, вероятно, имели промышленное содержание железа уже при своем образовании.

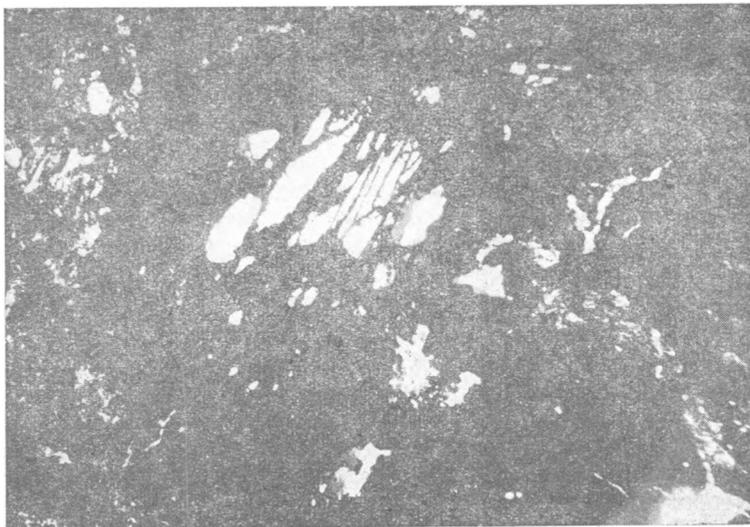
Однако из описаний бобово-оолитовых руд отдельных Халиловских месторождений видно, что в составе этих руд содержатся не только бобы, как это имеет место в Переволоченском районе, но и настоящие оолиты, вследствие чего эти руды получили у нас название бобово-оолитовых руд. Действительно, в составе их имеются настоящие оолиты железистого хлорита, кальцита и гидроокислов, с некоторым количеством гидраргиллита, к которым присоединяется меняющееся количество бобов. Однако мы не можем присоединиться к мнению бокситовой бригады о составе и происхождении бобов. Наши исследования показывают, что не всегда бобы являются чистым продуктом химического выпадения гидроокислов железа и частью глинозема из раствора, но по большей части содержат ядро из механически отложенного материала: магнетит, хромшпинелид, реже карбонат и т. д. (фиг. 12, 13 и 17).

В некоторых бобах присутствует не одно, а несколько зернышек хромита или магнетита. Кроме того, часть бобов и оолитов образована из лептохлоритов.

Однако, наряду с настоящими бобами довольно часто встречаются образования, которые аналогичны псевдооолитам (*fausses oolithes* или *pseudooolithes*), которые описаны Кайе (Cayeux, 1922) По его описанию — это округло-угловатые массы окислов железа, которые под микроскопом показывают ясно сохранившееся клеточное строение. Таким образом псевдооолиты представляют собой фрагменты растений, замещенных полностью или почти полностью магнетитом, который позднее частью перешел в гидроокислы железа. На Ново-Киевском месторождении были встречены прослойки и линзы бобовых руд среди тонкослоистых, в которых бобы представляют собой исключительно псевдооолиты (по номенклатуре Кайе). Часть этих псевдооолитов почти совершенно замещена магнетитом, только кое-где сохранились остатки клеточного строения, но встречаются также псевдооолиты в виде очень слабо оруденелых растительных остатков (фиг. 14).

Кроме Ново-Киевского месторождения магнетитовые бобы со следами клеточного строения и без следов такого строения встречены в Мало-Халиловском и Ново-Петропавловском месторождениях. На участке Мало-Халиловского месторождения бобовые руды, сложенные из магнетитовых бобов с включениями хромшпинелидов, содержат значительное количество мелких стяжений марказита.

Таким образом бобы Халиловских месторождений представляют собой химические осадки, которые выделялись вокруг различного механически отложенного обломочного материала и частью просто облекали и включали его в свою массу, частью же замещали его, как это имело место в псевдооолитах.



Фиг. 17. Зерно кальцита (белое) замещено магнетитом вдоль трещин с лайности в середине и хлоритом с периферии. Тонкослоистая руда. Мало-Халиловское месторождение, обр. 6—20,  $\times 45$ . Николи ||

Таким образом сами бобовые руды не представляют собой чисто химических осадков, гидроокислов железа, как это считали сотрудники бокситовой бригады, а состоят из бобов гидрогетита или других окислов железа (гидрогематита, турьита, магнетита), оолитов железистых хлоритов, кластического материала (хромшпинелиды, магнетит, гидрогетит, песчинки и гальки бобовых руд, песка, глины, фрагменты растений и пр.), встречающегося в цементе или в бобах, и цементирующей массы коллоидального железистого хлорита, местами раскристаллизованного, и гидраргиллита, выделявшегося частью вместе с хлоритом, частью после него и разъедавшего хлорит и бобы.

Поэтому термин бобовые руды пришлось заменить термином бобово-оолитовые гидрогетит-хлоритовые руды. Гидрогетитовые бобовые или бобово-оолитовые руды возникали только в прибрежной мелководной зоне, содержавшей значительное количество кислорода. Подобного типа руды встречены в Ново-Киевском и Промежуточном месторождениях.

Вместе с тем и условия среды при образовании бобово-оолитовых руд в Халиловских месторождениях несомненно несколько вариировали: количество кислорода в воде в некоторых местах было более высокое, чем в других.

Согласно А. Е. Ферсману, наличие повышенного количества кислорода в водах бассейна обуславливает невозможность выделения в осадок лептохлоритов, и из воды в таких местах (например, у берегов) осаждаются свободные гидраты окиси железа и частью глинозема. При

малом количестве гниющих органических веществ в осадке среда не имеет восстановительного характера и выделяющиеся гидроокислы железа дают оолиты и бобы гидрогетита, иногда в смеси с гидраргиллитом. Появление оолитов из лептохлоритов в переходной зоне между грубослоистыми и бобово-оолитовыми рудами в Мало-Халиловском месторождении и отсутствие их в слоистых рудах вместе с малым количеством растительных остатков в слоистых рудах показывает на наличие достаточно высокого содержания кислорода в момент отложения кластических осадков, впоследствии превращенных в слоистые руды. Приведенные ниже в таблице определения рН в рудах Мало-Халиловского месторождения из переходного слоя от грубослоистых к бобово-оолитовым рудам (слой 3) показывают, что среда имела очень слабо щелочной характер, а именно  $\text{pH} = 7.2$ . А. Е. Ферсман указывает, что выделение лептохлоритов происходит при среднем рН (Ферсман, 1940).

Кое-где среда имела определенно восстановительный характер, обусловленный присутствием гниющих растений и, вероятно, животных. В таких местах бобы образованы из магнетита и, кроме того, имеются выделения марказита. Особенно резко выраженный восстановительный характер имела среда в начальных стадиях образования Орловского месторождения. Серпентинит, подстилающий месторождение, частью покрыт сплошной коркой марказита, частью же с поверхности на некоторую глубину замещен магнетитом. Кристаллы магнетита в виде октаэдров табличатой формы встречаются в кавернах в оруденелой коре серпентинита.

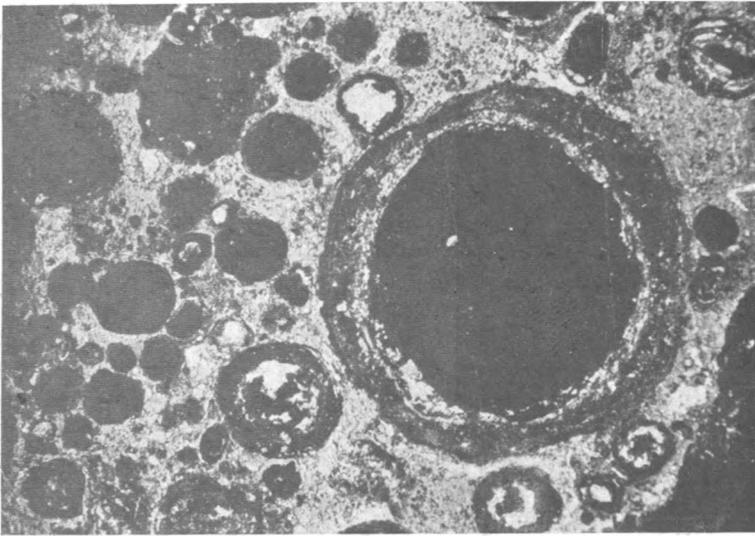
В более позднее время в зоне кислородного выветривания марказит и магнетит отчасти перешли в гидрогематит и гидрогетит.

По мере накопления рыхлых кластических осадков на дне водных бассейнов в пределах Баймакской депрессии происходило постепенное уплотнение их. В нижних, уже уплотнившихся частях слоя этих осадков, и в особенности в углублениях на поверхности дна бассейна концентрация различных растворенных веществ стала повышаться и, наконец, создались условия, соответствующие зоне цементации. Особенно сильно должны были быть выражены эти новые условия среды в углублениях на поверхности карбонатизированных серпентинитов, так как окружающие легко растворимые породы должны были быстро насытить углекислым кальцием и магнием воды, пропитывающие выполняющие осадки. Содержащиеся в растворе соли при изменении температуры и повышении концентрации должны были выпадать и цементировать рыхлые кластические осадки, скопившиеся в углублениях на дне бассейнов. И действительно, в целом ряде мест в таких условиях мы находим цементированные кальцитом и доломитом бобово-оолитовые и песчано-глинистые накопления. Особенно типично выраженные цементированные доломитом породы нами были встречены на Мало-Халиловском месторождении в углублениях поверхности карбонатизированных серпентинитов вдоль западной окраины месторождения.

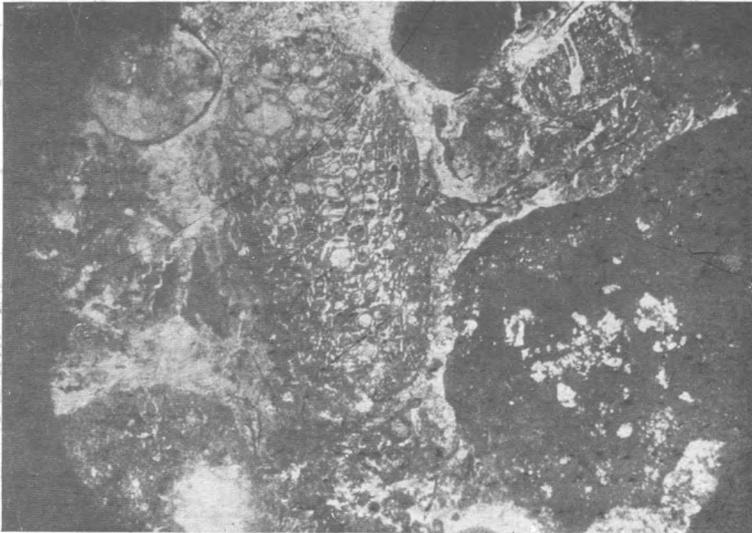
Микроскопическое изучение шлифов из цементированных бобово-оолитовых руд заставляет думать, что растворы карбоната кальция и магния при повышении концентрации вызывали разъедание бобов и оолитов гидрогетита. При этом бобы и оолиты приобретали неравномерно изъеденную поверхность; при дальнейшем ходе этого процесса от них оставались только неправильные скелетные формы. Форма таких разъеденных и скелетных форм видна на фиг. 18 и 10.

Аналогичные формы скелетных и разъеденных бобов и оолитов были мною приведены в более ранней работе (Кротов, 1937).

При выделении карбоната кальция из насыщенного раствора происходило не только заполнение полостей и пор между кластическими элементами осадков, но и замещение некоторых элементов состава этих



Фиг. 18. Бобово-оолитовая руда с карбонатным цементом. Магнетитовый боб, обросший зоной карбоната. С поверхности магнетит разъеден и замещен карбонатом. Карбонатная зона частично замещена гидрогетитом. Орловское месторождение, обр. 202—1,  $\times 45$ . Николи ||



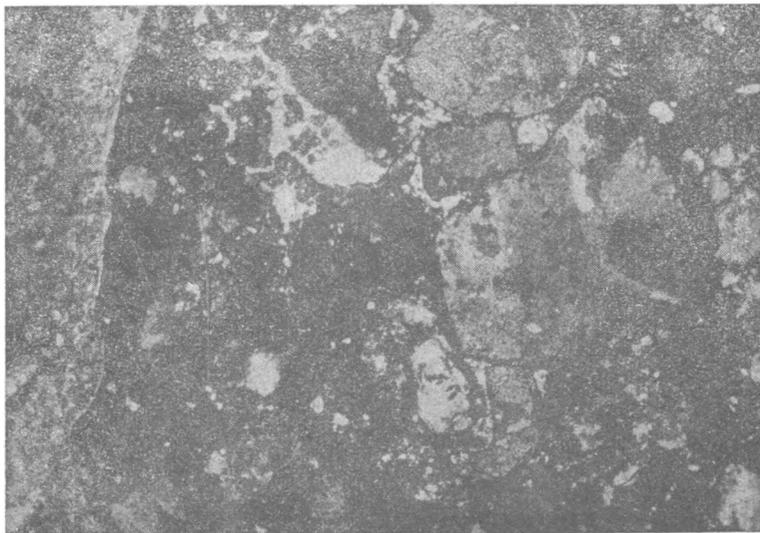
Фиг. 19. Бобово-оолитовая руда с карбонатным цементом. Растительный обломок (в центре) замещен карбонатом, позднее слегка обохрен. Мало-Халиловское месторождение, обр. 28а,  $\times 45$ . Николи ||

пород. Так, на фиг. 19 видна псевдоморфоза карбоната по растительному остатку, сохранившему при этом свою форму и строение; частично он позднее подвергся хлоритизации. Замещению подвергались и другие кластические обломки. На фиг. 20 видна обломочная порода, цементированная карбонатом, в которой сохранившиеся редкие обломки представлены только оруденевшими песчинками каолиновой глины и обломками хромшпинелидов. Бобы сохранились.

#### б) Вторая стадия образования — хлоритизация

Вторая стадия образования Халиловских железорудных месторождений может быть названа стадией хлоритизации.

Выше уже было указано, что первые выделения лептохлоритов в виде отдельных оолитов появились в переходной зоне между грубосло-



Фиг. 20. Бобово-оолитовая руда с большими количеством песчинок каолиновой глины. Песчинки каолиновой глины (светлосерое) различной величины в разной степени замещены зренвертитом (темносерое). Мало-Халиловское месторождение, обр. 28а,  $\times 45$ . Николи ||

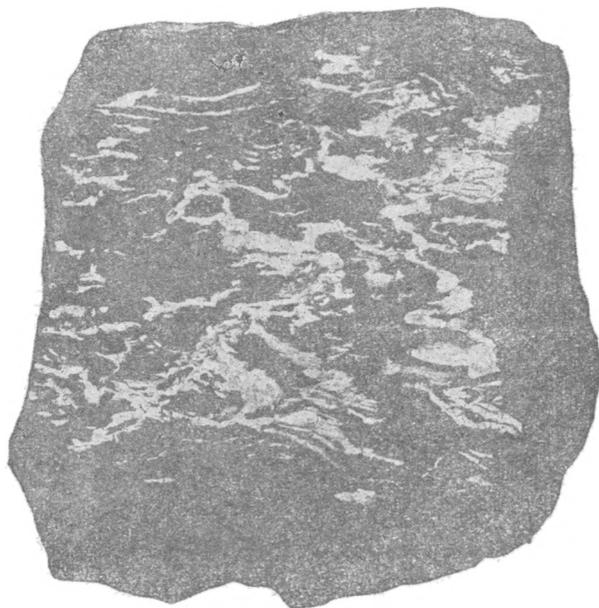
истыми и бобово-оолитовыми рудами. Во время образования бобово-оолитовых руд оолиты лептохлоритов продолжали выделяться и количество их в осадке постепенно увеличивалось кверху, но цемент продолжал состоять из кластических продуктов песчано-алевритового характера, в числе которых в верхних частях наблюдается повышающееся количество обломков глин. Изотропный хлоритовый цемент в первоначальных накоплениях отсутствовал. В верхних горизонтах бобово-оолитовых руд количество растительных остатков заметно увеличивается, что и обусловило понижение редокса и увеличение количества выделяющегося хлорита.

Первоначальные накопления рыхлых осадков во время второй стадии образования месторождений превратились в крепкие породы. При этом состав их претерпел существенные изменения; продукты размыва серпентинитов и коры выветривания их, входившие в состав осадков, подверглись замещению железистыми хлоритами, которые в сильной степени затушевали первоначальное строение пород. Процесс хлоритизации распространялся сверху вниз по вертикальным и косым трещинам, пересекавшим рудное тело, вдоль наслоенности и путем впитыва-

ния хлоритизирующих растворов сверху в массу рыхлых осадков. Такой ход процесса хлоритизации вытекает из того факта, что верхние горизонты бобово-оолитовых руд хлоритизированы и вне зависимости от трещин, тогда как ниже вдоль вертикальных и горизонтальных трещин степень хлоритизации значительно выше, чем в удалении от трещин. Ход процесса хлоритизации вдоль секущих трещин особенно рельефно наблюдался в нижних горизонтах слоистых руд Ново-Киевского месторождения. На фиг. 21 видно, как жилки хлорита пересекают слистость руд и, разделяясь на прожилки, рассеиваются в них.

Слоистые руды слабее хлоритизированы, чем бобово-оолитовые. Наиболее слабо хлоритизированы нижние горизонты тонкослоистых руд.

В бобово-оолитовых рудах процесс хлоритизации заключается главным образом в замещении цементирующей обломочной массы изотроп-

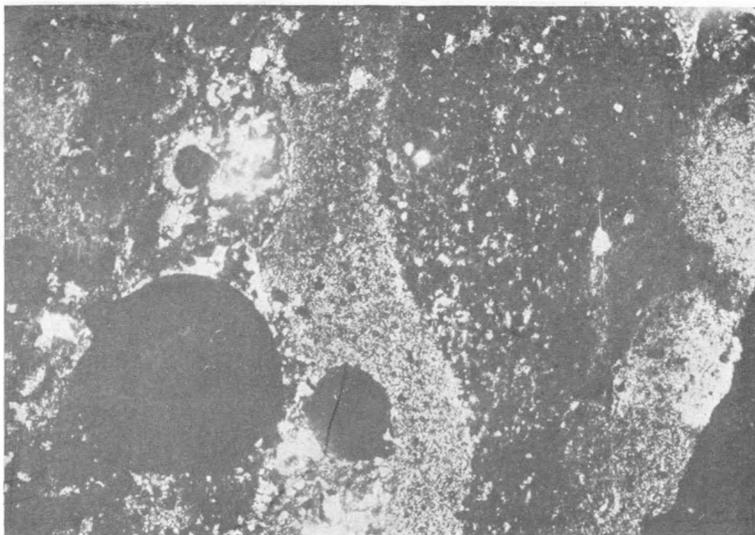


Фиг. 21. Жилки хлорита (светлые) в алевритовой породе (темная) в основании тонкослоистых руд. Ново-Киевское месторождение, обр. 14в. Штуф

ными и кристаллическими железистыми хлоритами, но в некоторых местах замещению подвергались отчасти и бобы из окислов железа и растительные остатки. Процесс замещения хлоритом кварца и карбонатов описан мною ранее (Кротов, 1937).

На фиг. 22 видна микроскопическая жилка хлорита, пересекающая бобово-оолитовую руду. Циркулировавшие по трещине растворы разъедали боковую породу и заполняли трещину выделениями изотропного и кристаллического хлорита. Бобы и оолиты труднее подвергаются замещению и выступают в стенке трещины, а иногда оказываются включенными в прожилке, тогда как в промежутках хлоритовая масса внедряется вглубь, замещая цемент.

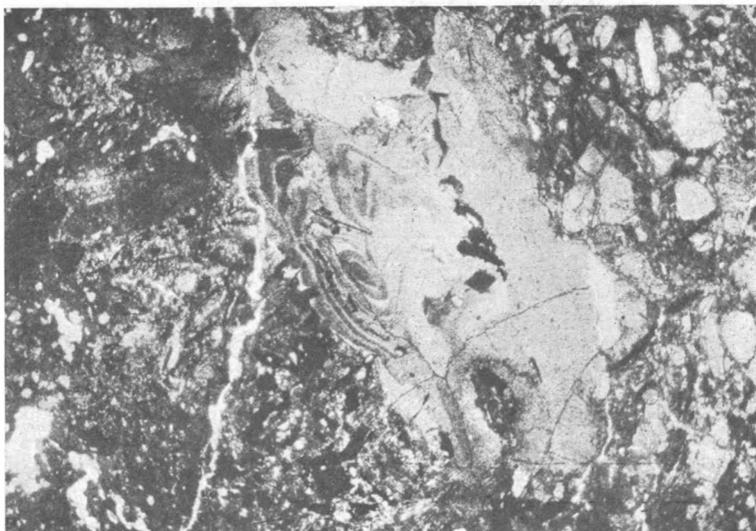
На Орловском месторождении, где процесс хлоритизации вдоль трещин был впервые точно установлен А. Л. Яницким, в бобово-оолитовых рудах очень ясно наблюдаются макроскопически хлорито-гидраргиллитовые прожилки, имеющие иногда симметрическое строение. Под микроскопом около этих прожилков замечается иногда разъедание бобов, от которых сохраняются только небольшие остатки; иногда замещаются также и растительные остатки с сохранением строения.



Фиг. 22. Жилка железистого хлорита в бобово-оолитовых рудах. В правом нижнем углу видна (черное) граница прожилка в руде, разъеденной хлоритом, выполняющим трещину. По другую сторону трещины руда разъедена на большее расстояние и среди хлорита видны незамещенные хлоритом бобы (слева). Ново-Киевское месторождение, обр. 337,  $\times 45$ . Николи ||



Фиг. 23. Сгустки железистого хлорита в гидрогетит-хлоритовых рудах. Виден большой сгусток с концентрически скорлуповатым строением. Ново-Киевское месторождение, карьер № 1, обр. 112,  $\times 45$ . Николи ||



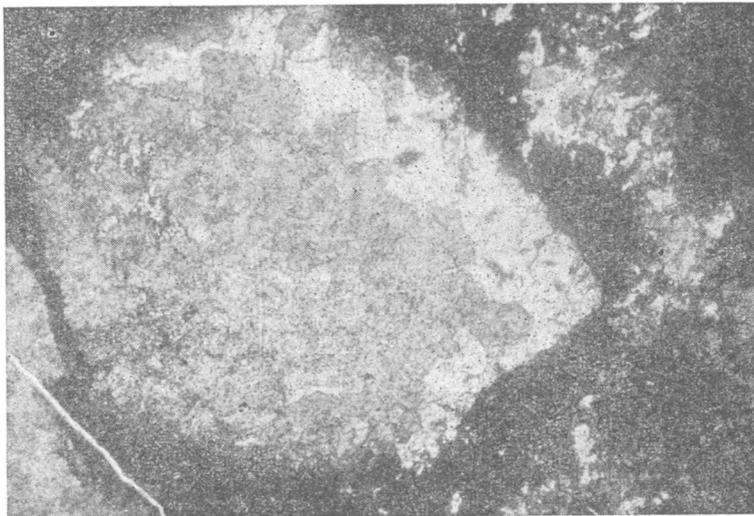
Фиг. 24. Сгустки железистого хлорита в гидрогетит-хлоритовых грубо-слоистых рудах. В середине поля прожилок железистого хлорита, в котором местами наблюдается метаколлоидная текстура — концентрически скорлуповатое строение в параллельном свете и радиально-лучистое в сходящемся. В нижней части в руде сохранилось первичное строение кластической породы из песчинок и алевритовых частиц, позднее оруденелых. Ново-Киевское месторождение, карьер № 1, обр. 114,  $\times 45$ . Николи ||



Фиг. 25. Мелкие чешуйки хлорита (более темные) в зернах карбонатов из карбонатизированных серпентинитов, подстилающих рудное тело на Орловском месторождении. Обр. 33а,  $\times 45$ . Николи +

Хлоритовая масса, образующая прожилки в бобово-оолитовой руде или замещающая в ней цементирующую массу, состоит то из совершенно изотропного сплошного хлорита, то из тонкокристаллического, или из яснокристаллически-чешуйчатого, или, наконец, из смеси изотропного хлорита со сгустками раскристаллизованного геля. Эти сгустки имеют сферическую, яйцевидную или неправильно вытянутую форму и представляют собой радиально-лучистые и концентрически-скорлуповатые образования. Изредка возникают настоящие сферолиты хлорита (фиг. 23 и 24).

Процесс хлоритизации приводит местами к образованию псевдобобовых руд, залегающих в основании толщи бобово-оолитовых руд в Мало-Халиловском месторождении; здесь часть цемента и бобов оказывается замещенной грязнозеленым хлоритом. Форма замещенных участков и участков, сохранившихся без изменения, приблизительно одинакова и они довольно правильно чередуются друг с другом. Очертания этих

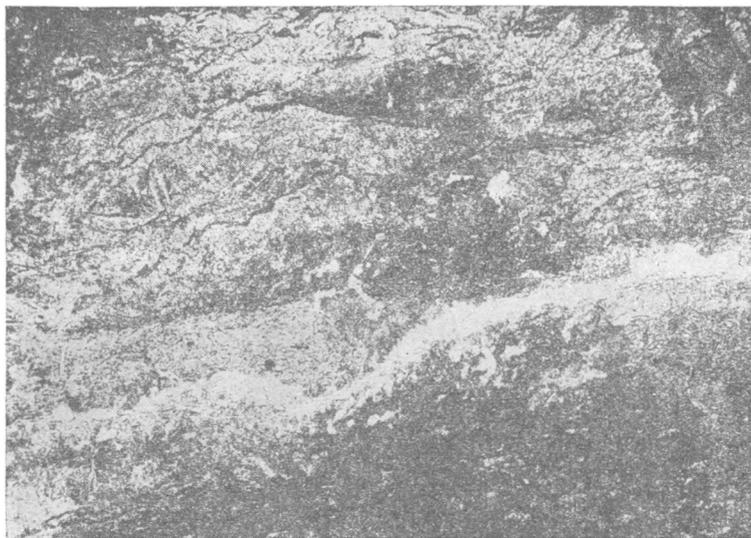


Фиг. 26. Чешуйки и листочки хлорита (серые и черные) в зернистом агрегате карбонатов (белое). Из карбонатизированных серпентинитов, подстилающих рудное тело Орловского месторождения Обр. 33с,  $\times 75$ . Николи ||

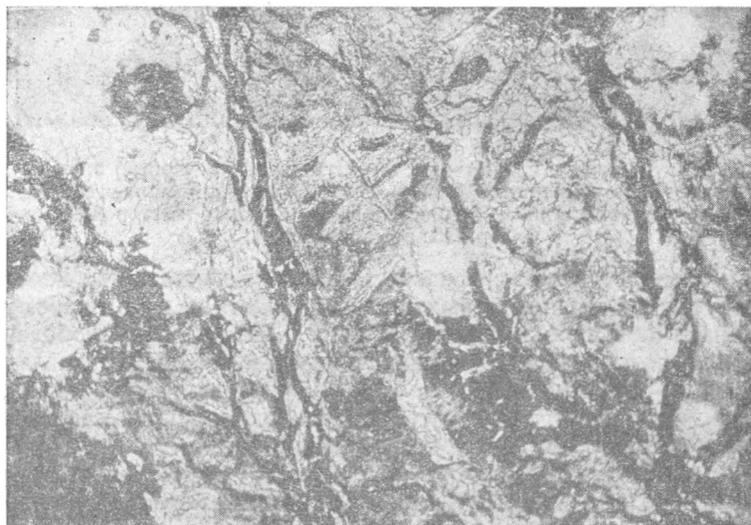
участков скорее всего можно назвать округло-лапчатыми. Измененный прослой состоит из грязнозеленых и бурых участков и по первому взгляду напоминает обычную бобовую руду. Эти псевдобобовые руды Н. М. Кеппен назвала брекчиевидными рудами. Особенно наглядно выступает процесс хлоритизации в основании рудной толщи в рыхлых накоплениях, которые в результате процесса замещения хлоритом и гидротетитом превращались в слоистые руды. Частично процессу хлоритизации подвергаются и карбонатизированные серпентиниты коры выветривания, равно как и цементированные карбонатами бобово-оолитовые руды. Замещение хлоритами карбонатизированных серпентинитов наблюдалось на Орловском месторождении в карстовых понижениях.

При изучении под микроскопом видно, что в зернышках карбоната, слагающего породу, появляется большее или меньшее количество включений слабо действующего на поляризованный свет хлорита, которые в виде мелких пятен покрывают их (фиг. 25 и 26). Вдоль трещин, пересекающих породу, происходит отложение того же хлорита путем замещения стенок трещин (фиг. 27). В тех местах, где карбонатная порода сильно замещена хлоритом, в ней появляются тонкие мелкие трещинки, выполненные марганцовыми окислами (фиг. 28).

Аналогичную же картину замещения карбонатизированных серпентинитов хлоритами мы находим в северной залежи Ново-Киевского месторождения и в Мало-Халиловском месторождении. В первом процесс замещения карбонатно-серпентинитового илистого осадка из продуктов выветривания серпентинитов хлоритами и гидрогетитом и пре-

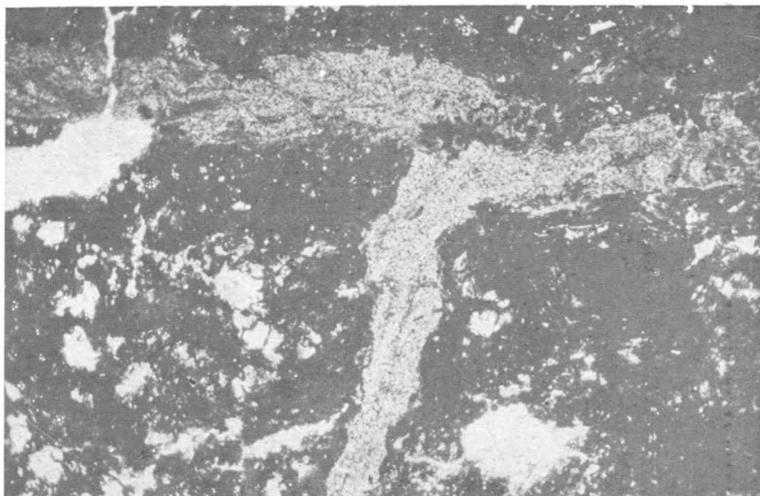


Фиг. 27. Прожилочек изотропного хлорита (белый), пересекающий карбонатизированный серпентинит (темный). Орловское месторождение, обр. 33а,  $\times 45$ . Николи ||



Фиг. 28. Почти нацело хлоритизированный карбонатизированный серпентинит. В хлоритовой породе с мелкими остатками карбоната образовались трещины, выполненные окислами марганца (черные). Орловское месторождение, обр. 10в,  $\times 45$ . Николи ||

вращение их в тонкослоистые гидрогетит-хлоритовые руды наблюдается очень рельефно. В породе появляются вначале тончайшие прожилочки зеленоватого или бурого изотропного хлорита, проходящие по разным направлениям. Затем образуются настоящие прослойки изотропного хлорита, протягивающиеся в виде параллельных слоев и вместе с тем



Фиг. 30. Тонкослоистая гидрогетит-хлоритовая руда. Видна разветвляющаяся жилка кристаллического хлорита в тонкочешуйчатой массе, состоящей из обохренного пеннина. Ново-Киевское месторождение, обр. 1—40,  $\times 45$ . Николи ||

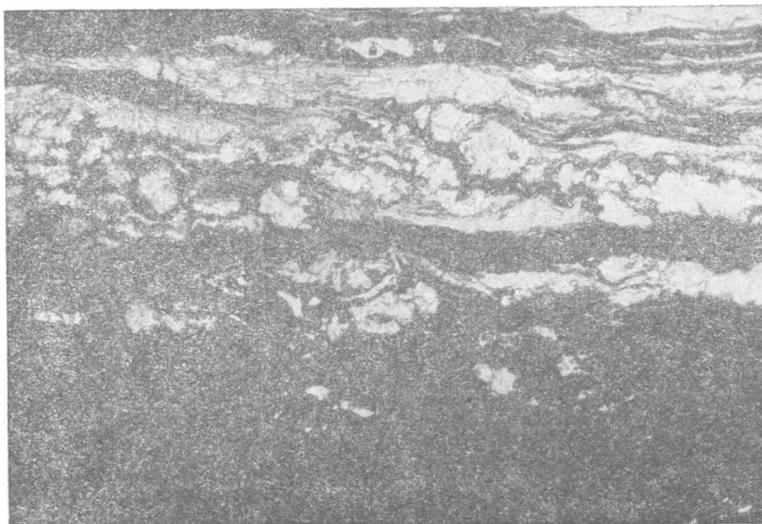


Фиг. 31. Прослойка изотропного хлорита в тонкослоистой руде (темный), в котором имеются включения кристаллического хлорита в виде табличек. Ново-Киевское месторождение, обр. 37,  $\times 190$ . Николи  $\times$

параллельно поверхности. Прослойки хлорита имеют прихотливую форму, быстро изменяющуюся на коротких расстояниях: то пятен, то жиллок разной мощности, с отходящими в стороны апофизами. По мере развития прослоек хлорита порода приобретала слоистое сложение, обусловленное чередованием прослоек хлорита и оставшегося неизмененным первоначального алевритового материала (фиг. 29 и 30).

В бобово-оолитовых рудах, цементированных и отчасти замещенных карбонатами кальция, процесс хлоритизации прежде всего захватывает карбонатный цемент, в котором процесс замещения идет совершенно аналогично ходу этого процесса в карбонатизированных серпентинитах. Процесс хлоритизации карбонатного цемента в бобово-оолитовых рудах мною описан уже ранее (Кротов, 1937) с приложением микрофотографий.

Процесс хлоритизации совершался довольно длительный промежуток времени, в течение которого изменялось в ту или иную сторону количество проникавших растворов и концентрация их. Такой вывод основан



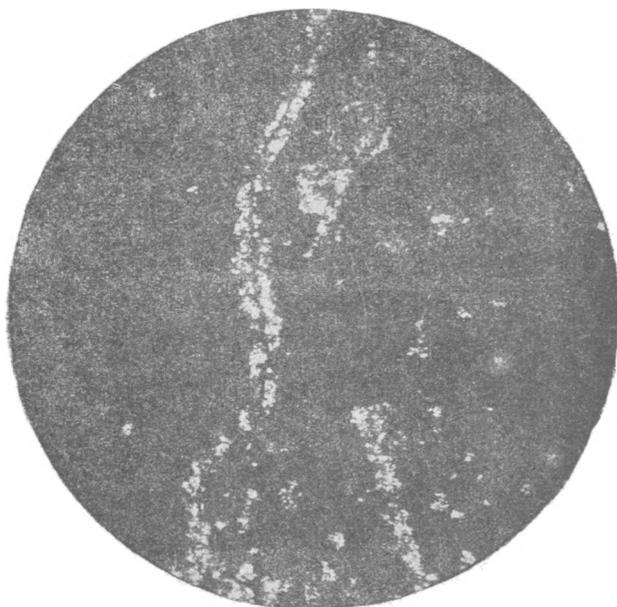
Фиг. 29. Тонкослоистая руда, образованная из прослоек, состоящих из обломочного материала алевритового характера (светлосерый), и прослоек изотропного хлорита (темное). Ново-Киевское месторождение, обр. 21а,  $\times 75$ . Николи+

вается на следующих наблюдениях. Местами в начальных стадиях хлоритизации железистый хлорит выделялся в виде мелких одиночных кристаллов, имевших форму шестигранных пластинок или коротких толстых табличек, но позднее выделение их сменилось образованием сплошной массы изотропного хлорита, в котором они оказались включенными (фиг. 31). В других местах, наоборот, первой формой выделения железистого хлорита была сплошная масса изотропного хлорита разного цвета, который пропитывал породу и замещал ее полосами, причем иногда выделялись сферолиты и сгустки, позднее раскристаллизовавшиеся (фиг. 23, 24). Затем происходила перекристаллизация изотропного хлорита, которая начиналась и шла вдоль трещин, пересекавших изотропный хлорит вдоль и косо к слоистости, или от каких-то центров в его массе. Развивающиеся чешуйки хлорита росли перпендикулярно к трещинам и образовали род бахромы вокруг них (фиг. 32), или правильные кристаллы, вросшие в изотропный хлорит (фиг. 33). Иногда перекристаллизация хлорита протекала вдоль периферии полос изотропного хлорита, причем новообразующийся кристаллический хлорит получал вид волнистых лент, приуроченных к полосам (фиг. 34). Встре-

чаются случаи, когда изотропный хлорит по всей длине пласта начинает переходить в кристаллический, причем этот последний имеет вид на разрезе длинной мятой ленты, в массе которой сохраняются участки неизмененного изотропного хлорита. В более редких случаях путем перекристаллизации возникает зернистый агрегат кристаллического хлорита, в массе которого в маленьких пустотках располагаются шестигранные чешуйки хлорита. Правильные шестигранные чешуйки этого минерала часто встречаются на поверхности трещин, пересекающих рудное тело в разных направлениях. Повидимому, они возникли уже в позднюю стадию изменения.

В случае более далеко зашедшей хлоритизации в хлоритовой породе остаются мелкие участки, линзы или прослойки нонтронитового, серпентинитового, пеннинитового или карбонатного алевритового материала. В шлифах можно очень наглядно наблюдать процесс пропитывания их изотропным хлоритом, проникновение его в промежутки между отдельными минералами и постепенное замещение их железистыми хлоритами.

В конечном счете из замещенного осадка образуется хлоритовая тонкослоистая порода, в которой мощность отдельных прослоек, состав и форма их подвержены весьма значительным колебаниям. Возникающие породы имеют то ярко выраженное тонкослоистое,



Фиг. 32. Прослойка изотропного хлорита в тонкослоистой руде (темное), в котором вокруг трещины, выполненной окислами железа и марганца, образовались чешуйки кристаллического хлорита, окаймляющего трещину в виде бахромы. Мало-Халиловское месторождение, обр. 3,  $\times 225$ . Николи+

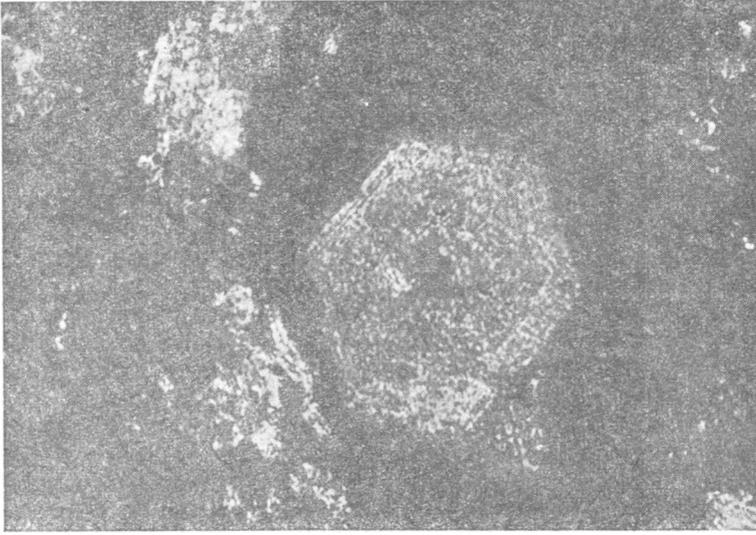
то более грубослоистое строение. Среди толщи руд, обладающих ярко выраженным слоистым сложением, встречаются участки с плотным или неясно слоистым сложением.

Образование железистого силиката, в виде прожилков пересекающего минеттовые руды Лотарингии, наблюдал Г. Берг (Berg, 1921) при микроскопических исследованиях руд серой залежи. Он считает этот железистый силикат состоящим из силиката закиси железа, но не дает ему видового названия. Он описывает также замещение новообразующимся железистым силикатом карбонатного цемента в минеттах.

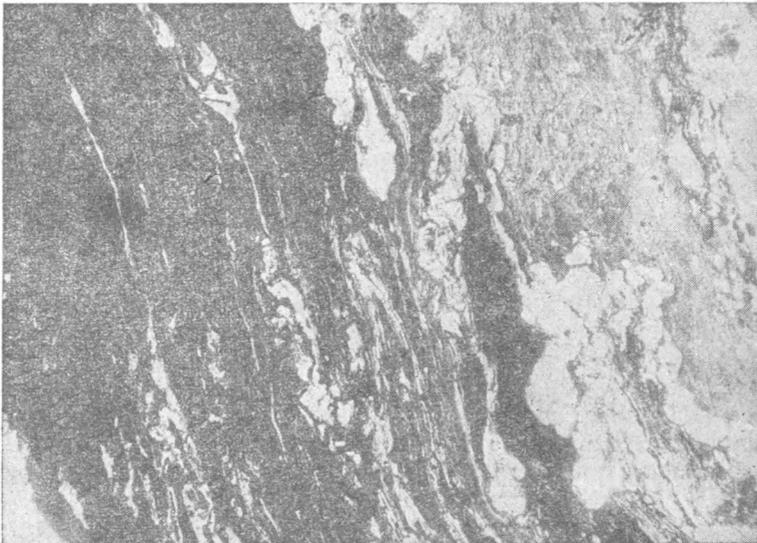
По своему характеру железистые хлориты относятся частью к кристаллическим, частью к аморфным разностям, которые и встречаются в разных типах руд по минералогическому составу, слагая цемент в бобово-оолитовых рудах или прослойки в слоистых рудах. Обычно аморфные и кристаллические хлориты встречаются вместе. При изучении железистых хлоритов было выделено вещество из разных типов руд и разных элементов строения руд, т. е. из цемента бобово-оолитовых руд и прослоек слоистых руд.

Анализы даже наиболее чисто отобранных железистых хлоритов по-

казывают значительную разницу в своем составе, которая не может быть обусловлена примесями. Общей особенностью состава большинства хлоритов является содержание в них  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $FeO$ ,  $SiO_2$  и



Фиг. 33. Прослойк изотропного хлорита в тонкослоистых рудах, содержащий выделения кристаллического хлорита в виде шестигранных табличек. Ново-Киевское месторождение, обр. 37,  $\times 360$ . Николи +



Фиг. 34. Тонкослойчатая руда, образованная из прослоек обломочного материала алевритового характера (белое и светлосерое), прослоек изотропного хлорита (черное) и изгибающихся в виде лент прослоек кристаллического хлорита (светлосерое), обрастающих изотропный хлорит или пересекающих его. Ново-Киевское месторождение, обр. 21d,  $\times 45$ . Николи ||

$MgO$ , причем  $Fe_2O_3$  в них обычно доминирует над  $Al_2O_3$ , а  $FeO$  над  $MgO$ , хотя соотношение этих окислов колеблется. Встречаются хлориты, в которых количество  $Al_2O_3$  и  $Fe_2O_3$  почти одинаково и равно количе-

ству  $\text{FeO}$  и  $\text{SiO}_2$ , достигая около 20% каждый. На ряду с этим имеются хлориты, в которых  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  господствует над  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , причем содержание  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  колеблется между 20 и 40%, а глинозем между 0 и 20%. Вместе с повышением содержания  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  обычно наблюдается параллельное уменьшение содержания  $\text{FeO}$ , количество которого падает до 4—5%. Количество  $\text{MgO}$  всегда меньше  $\text{FeO}$  и обычно колеблется между 1 и 3%. Вода в хлоритах содержится в количестве 15—20%.

Железистые хлориты Халиловских месторождений<sup>1</sup> часто показывают следующие типы соотношений окислов в весовых процентах:

- |  |                |                   |
|--|----------------|-------------------|
| 1. $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 : \text{Fe}_2\text{O}_3 : \text{RO} : \text{H}_2\text{O}$ | приблизительно | 1 : 1 : 1 : 1 : 1 |
| 2. $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 : \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{RO} : \text{H}_2\text{O}$ | "              | 1 : 1 : 2 : 1     |
| 3. $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 : \text{Fe}_2\text{O}_3 : \text{RO} : \text{H}_2\text{O}$ | "              | 1 : 0 : 2 : 1 : 1 |
| 4. $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 : \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{RO} : \text{H}_2\text{O}$ | "              | 2 : 2 : 1         |

Недостаток совершенно чистого материала не позволил еще разобрататься в минералогическом составе минералов и разбить их на виды и разновидности. Из сопоставления окислов представляется возможным, что второй тип хлоритов является результатом окисления  $\text{FeO}$ , в третьем типе  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  замещает часть  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . В четвертом типе  $\text{SiO}_2$  замещает часть  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , а  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  часть  $\text{FeO}$ .

При сопоставлении анализов железистых хлоритов Халиловских месторождений с анализами железистых хлоритов у Орсея (Orsel, 1927) приходим к выводу, что к первому типу соотношений окислов в халиловских хлоритах довольно близко подходят у Орсея тюрингиты, хотя и не вполне, так как у них количество  $\text{FeO}$  и  $\text{SiO}_2$  всегда выше, чем в первом типе хлоритов Халилова.

Второй тип соотношений окислов также не имеет аналогов среди анализов хлоритов у Орсея, за исключением анализа № 30, который Орсель считает неточным.

Третий тип соотношений окислов в халиловских хлоритах очень близок к типу кроншtedтитов у Орсея, но и здесь количество закиси железа несколько повышено по сравнению с халиловскими хлоритами, а воды меньше.

Четвертый тип соотношений окислов в составе хлоритов Халилова довольно близок к хлоритам из Штернберга, описанным под названием стильпнохлоран и стильпномелан (анал. 163 и 164). В анализах других стильпномеланов и халькодитов, имеющих у Орсея, количество кремнезема несколько выше, чем в халиловском четвертом типе, и получается впечатление, что здесь  $\text{Si}^{2+}$  замещает часть  $\text{Al}$  и  $\text{Fe}^{3+}$  в решетке хлорита.

Хлориты Халиловских месторождений представляют собой более резко выраженный тип ферри- и ферри-ферро-хлоритов. По соотношению окислов  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{FeO}$  среди хлоритов Халиловских месторождений мы встречаем разности, близкие к тюрингитам и кроншtedтитам. Однако в Халилове встречаются также разности промежуточного состава, не представленные у Орсея.

1. Среди  $\text{R}_2\text{O}_3$  количество  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  приблизительно одинаково, а среди  $\text{RO}$   $\text{FeO}$  господствует над  $\text{MgO}$ . Тип тюрингита.

2. Среди  $\text{R}_2\text{O}_3$  количество  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  господствует над  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , а среди  $\text{RO}$   $\text{FeO}$  над  $\text{MgO}$ . Тип промежуточный между 1 и 3.

3.  $\text{R}_2\text{O}_3$  представлено одним  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , а среди  $\text{RO}$   $\text{FeO}$  господствует над  $\text{MgO}$ . Тип кроншtedтита.

Необходимо остановиться на источнике и характере растворов, которые вызвали хлоритизацию имевшихся на дне бассейнов пластов алевритовых и бобово-оолитовых отложений.

<sup>1</sup> Более подробные сведения о хлоритах приведены в описаниях отдельных месторождений.

<sup>2</sup> В виде комплексных анионов, как на это указывали В. И. Вернадский (Вернадский, 1932; Вернадский и Курбатов, 1937; Vernadsky, 1933) и А. Е. Ферсман (1939).

В качестве химических осадков, возникавших на дне халиловских бассейнов, уже указывались оолиты железистых хлоритов, бобы гематита, гидроокислов железа, оолиты кальцита, изредка марказит и магнетит. Оолиты железистых хлоритов нам не удалось проанализировать отдельно, так как они в значительной степени изменены, поэтому их химический состав принимается условно сходным с таковым хлоритов, которые в стадию диагенеза заместили кластический материал слоистых и бобово-оолитовых руд. Исходя из химического состава хлоритов, присутствия гидрогетитовых и гидрогематитовых бобов, содержащих иногда прослойки и мелкие выделения гидраргиллита, оолитов кальцита, можно думать, что воды, стекавшие в бассейн, где происходило образование бобово-оолитовых руд, содержали в растворе кремнезем, железо, алюминий, кальций и  $\text{CO}_2$ . Присутствие в некоторых местах в бобово-оолитовых рудах марказита и магнетита показывает, что образование руд происходило там в восстановительной среде. Частое нахождение в составе железистых хлоритов чередующихся зон хлорита и гидрогетита и изредка сидерита указывает на колебание в содержании кислорода и углекислоты в водах бассейна, обусловившего чередование выделения силиката железа и окиси его. Бобы гидрогетита в составе бобово-оолитовых руд встречаются наряду с оолитами железистого хлорита, что указывает на различное, но небольшое количество кислорода в водах бассейна. Строение бобов производит впечатление их образования путем коагуляции коллоидов вокруг песчинок различных кластических продуктов на дне бассейнов и частью замещения их.

В районе Мугоджар П. Л. Безруков и А. Л. Яншин (1937) наблюдали в составе бобово-оолитовых руд месторождений Каракульского и Ащесайского прослойки алунита, что указывает на присутствие сернокислых растворов в водах озер, но в Халиловских месторождениях алунит не был встречен. Вместе с тем, однако, нужно принять во внимание, что верхние горизонты бобово-оолитовых отложений в Халиловских месторождениях во многих местах размыты и снесены.

Для выяснения химического состава растворов, обусловивших процесс хлоритизации осадочных отложений, накопившихся на дне бассейнов, необходимо остановиться на составе минералов, которые образовались в результате хлоритизации осадков. Мы видим, что таковыми являются главным образом железистый хлорит варьирующего состава, частью свободные гидраты глинозема (гидраргиллит и алюмогель). Образование хлоритов происходило в массе породы на месте замещаемых кластических материалов; таким образом в данном случае имело место не просто выделение хлоритов из растворов, но взаимодействие раствора с минералами осадка, сопровождавшееся растворением и выносом большего или меньшего количества составных частей силикатной минеральной массы, слагавшей механические осадки. Вместе с тем, несомненно, в некоторых случаях происходило и частичное растворение бобов и оолитов, образованных из гидроокислов железа.

При микроскопических исследованиях наблюдались факты, указывающие на изменение состава растворов к концу процесса хлоритизации: в хлоритизированных участках бобово-оолитовых руд наблюдались местами трещины, пересекающие оолиты, бобы, и выполненные одним гидраргиллитом, или имеющие двустороннее симметрическое строение и образованные в периферических частях из гидраргиллита, а в середине из алюмогеля. Иногда трещины переходят постепенно в микрокаверны в бобах, выполненные гидраргиллитом. Строение некоторых более крупных прожилков хлорита было описано выше: среди хлоритовой массы микрокристаллического строения наблюдаются полости, выполненные чистым гидраргиллитом или имеющие стенки зонарного строения из зон хлорита и гидраргиллита. Эти наблюдения показывают, что в конечных стадиях хлоритизации в растворах постепенно увеличива-

лось содержание глинозема, а в конце из них выделялись почти одни гидраты глинозема. Таким образом, судя по минералам, образующимся при хлоритизации осадков, состав растворов не претерпел заметного изменения, и, повидимому, произошло лишь увеличение количества выделяющегося хлорита и гидраргиллита, что может быть обусловлено только увеличением концентрации раствора в связи с усыханием бассейнов и повышением кислорода в водах бассейна по мере уменьшения глубины.

В итоге нужно признать, что у нас еще нет достаточных оснований для высказывания о характере и составе вод, которые стекали в юрское время в бассейны и из которых происходило выделение хлоритовых оолитов, оолитов кальцита и бобов гидрогетита и гематита и которые обусловили хлоритизацию осадков в процессе диагенеза. Однако, почти полное отсутствие колчеданных месторождений вдоль берегов Баймакской депрессии и богатых пиритом пород не позволяет приписывать заметную роль водам с сульфатами железа и глинозема в растворе. У нас нет также оснований отрицать возможность переноса части железа в коллоидальной форме и в виде кислой углекислой соли. В водах имелся и углекислый кальций и, вероятно, кремнезем.

В литературе имеются высказывания по вопросу об источнике и характере растворов, которые поступили в бассейны в пределах Баймакской депрессии и дали начало бобово-оолитовым рудам. А. Д. Архангельский (1937) в своей обобщающей работе пишет, что источником полупорных окислов, накопившихся в юрских бокситовых глинах и бокситах Переволоченского месторождения, были окружающие равнины, где происходили в огромном масштабе процессы латеритного выветривания. П. Л. Безруков и А. Л. Яншин (1934) указывают, что гидраты окиси глинозема и железа приносились с востока, где шли процессы выветривания кислых магматических пород. Из смешанного раствора гидроокисей железа и алюминия происходило раздельное выпадение  $Fe_2O_3$  и  $Al_2O_3$ .

А. И. Олли (1938) делает серьезные возражения против концепции П. Л. Безрукова с А. Л. Яншиным и А. Д. Архангельского, указывая, что пока еще латеритное выветривание в этом районе в нижнеюрское время никем не обнаружено.

Повидимому, вопрос о ходе процессов выветривания в нижнеюрское время и в течение триаса будет в ближайшее время освещен в работах группы коры выветривания ИГН, ведущейся бригадой под руководством И. И. Гинзбурга, и вместе с тем будет выяснен также и состав растворов, циркулировавших в то время в коре и стекавших по поверхности.

По последним данным П. А. Земятченского (1939), при выветривании некоторых алюмосиликатов, а именно мусковита, в условиях умеренно холодного влажного климата выщелачиваются глинозем и щелочи, а кремнезем и окиси кальция и магния остаются на месте. Эти факты дают основание к полной ревизии взглядов на источник глинозема в растворах, стекавших в юрские бассейны, и к иному толкованию климатических условий времени существования этих бассейнов. На подвижность глинозема при выветривании алюмосиликатов указывал еще ранее Н. В. Соловьев (1937).

В итоге нужно признать, что процессы хлоритизации песчано-илистых кластических материалов, смешанных с бобами и оолитами железистых хлоритов и гидроокислов железа, накопившихся на дне озерно-болотных бассейнов, относятся к процессам диагенеза, как на это указывал уже В. И. Вернадский (Вернадский и Курбатов, 1937). Этот процесс мог начаться в более поздние стадии жизни бассейнов в связи с наличием гниющих органических остатков на дне и связанным с этим падением содержания кислорода и некоторым понижением рН. В таких

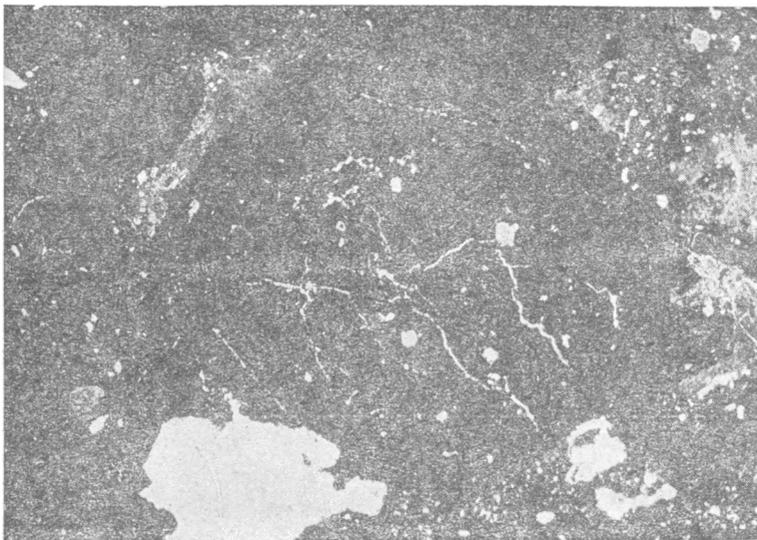
условиях из вод бассейна при малом количестве кислорода возникали в осадке коллоидальные железистые хлориты, которые постепенно проникали в рыхлые продукты на дне бассейнов и замещали их. При этом в зависимости от вариаций в количестве  $Fe^{++}$  и  $Fe^{+++}$  в осадке образовывались хлориты с непостоянным составом, а именно с колеблющимся количеством закиси железа и переменными количествами окиси железа и глинозема в составе  $R_2O_3$ . Периодическое возникновение осадков гидрата глинозема (гидраргиллит и алюмогель) во время жизни бассейна и сильное развитие этого процесса в конечных стадиях жизни бассейна вызвано увеличением содержания кислорода в водах и его колебанием. В таких условиях, как это показал А. Е. Ферсман (1939), железистые хлориты уже более не могут образоваться, а выделяются свободные гидраты железа и глинозема. Это было связано, повидимому, с их периодическим усыханием и превращением в мелководные бассейны в конце жизни их. Такими вариациями содержания кислорода в водах и нужно объяснить случаи ритмической смены слоев хлорита и гидраргиллита в прожилках хлорита. В участках и прожилках сплошного изотропного хлорита местами встречаются мелкие пустотки, покрытые корками гидраргиллита, или небольшие выделения чистого гидраргиллита (фиг. 35). Однако, несомненно, что в конечных стадиях этого процесса иногда растворы осаждали только один глинозем, вследствие чего в бобовых рудах встречаются тончайшие прожилки гидраргиллита и алюмогеля, пересекающие бобы, и выполения гидраргиллитом трещин усыхания в бобах (фиг. 36 и 37).

Для выяснения рН среды во время образования Халиловских железорудных месторождений Н. В. Лазаревым летом 1937 г. были проделаны определения рН в различных горизонтах рудного тела в Орловском, Мало-Халиловском, Ново-Киевском и Ново-Петропавловском месторождениях (табл. 1 и 2). Эти исследования показали, что рН в рудной залежи закономерно повышается вглубь и в нижних горизонтах рудной толщи достигает 7.3—7.7, т. е. таких величин, при которых, согласно А. Е. Ферсману, железистые хлориты образуются и остаются стойкими в осадке. Эти выводы об условиях среды при образовании в юрское время халиловских руд вполне соответствуют и данным Г. И. Бушинского (1939) об условиях выделения и сохранения сидерита, железистых хлоритов и вивианита в современных болотах Бело-



Фиг. 35. Прожилок хлорита, пересекающий бобовую руду. Видны остатки слоя руды треугольной формы (черное), разведенной и замещенной изотропным хлоритом (серое). В хлорите встречаются мелкие выделения гидраргиллита и каверны, окоркованные гидраргиллитом. Орловское месторождение, обр. 37,  $\times 20$ . Никולי ||

русии. Несомненно, что в настоящее время рудная толща Халиловских месторождений находится в зоне выветривания, вследствие чего кислородсодержащие поверхностные воды с низким рН впитываются в нее и разлагают хлориты.



Фиг. 36. Бобово-оолитовая руда. Гидрогетитовый боб с трещинками усыхания, которые выполнены гидраргиллитом. Ново-Киевское месторождение, обр. 237,  $\times 20$ . Николи ||



Фиг. 37. Прожилок гидраргиллита и хлорита в бобово-оолитовой руде с пустоткой, стенки которой зонального строения состоят из наружной зоны игольчатого хлорита (темносерое), переходящего постепенно во внутреннюю зону столбчатого гидраргиллита (белое). Внутренность пустотки выполнена хлоритом, который позднее был частью замещен гидрогетитом и эренвертитом. Орловское месторождение, обр. 39а,  $\times 45$ . Николи +

Очень интересным является вопрос о возможном влиянии вод бассейна, в котором происходило образование рудного месторождения, или

## Химические анализы руд, характеризующие разрез через западную стенку карьера на Орловском месторождении

Руда	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	Ni	Co	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	pH
1. Гидрогетит-хлоритовая руда . . . . .	14.97	17.72	41.10	1.02	0.35	—	0.0	0.0	0.09	0.14	6.5
2. Гидрогетит-хлоритовая глинисто-конгломератовая бобовая руда . . . . .	9.23	20.53	40.96	3.08	0.16	—	0.0	0.0	0.06	0.10	6.6
3. Гидрогетит-хлоритовая плотная бобовая руда . . . . .	6.17	6.87	62.98	2.11	0.12	—	0.22	0.09	0.75	0.03	7.1
4. Гидрогетит-хлоритовая крепкая бобовая руда . . . . .	—	4.45	77.78	1.96	0.35	—	0.08	0.03	0.84	0.01	7.3
5. Гидрогетит-хлоритовая сгущенная бобовая руда . . . . .	3.45	8.30	65.33	2.75	0.64	—	0.28	0.05	0.80	0.04	7.7
6. Гидрогетит-хлоритовая бобовая руда, на границе со слоистыми рудами . . . . .	4.65	3.90	70.56	2.99	0.38	—	0.90	0.11	0.66	0.04	7.3
7. Гидрогетит-хлоритовая тонкослоистая руда . . . . .	2.44	3.25	70.45	3.20	0.49	—	0.87	0.06	0.55	0.03	7.5
8. Гидрогетит-хлоритовая тонкослоистая руда . . . . .	3.61	3.20	64.13	2.27	0.73	—	0.69	0.25	0.45	0.08	7.5
9. Карбонатизированный серпентинит . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7.6

Анализы выполнены в 1937 г. в полевой лаборатории Южно-Уральской экспедиции.

вод, стекавших в него по поверхности, на серпентиниты и в частности на карбонатизированные серпентиниты, залегающие под месторождениями железных руд.

Как указывалось ранее, в целом ряде мест в Ново-Киевском месторождении рудное тело залегает на зоне так называемых нонтронитизированных серпентинитов, постепенно переходящей вниз в зону карбонатизированных серпентинитов. Чаще оно лежит на зоне, переходной от нонтронитизированной к карбонатизированной зоне, или на более или менее карбонатизированном серпентините.

При изучении шлифов из карбонатизированных серпентинитов и переходной зоны к так называемой нонтронитизированной зоне получается впечатление, что нонтронитовые минералы возникли в карбонатизированных серпентинитах путем замещения карбоната по трещинам или в отдельных точках в массе породы. Наблюдаемое расположение нонтронитовых минералов может быть объяснено их возникновением в карбонатизированных серпентинитах путем выделения из растворов, проникавших сверху по трещинам и постепенно замещавших карбонат. Остается спорным время возникновения этих минералов: образовались ли они во время выветривания серпентинитов в доюрское время или во время существования водного бассейна, в течение юры или позднее при выветривании диагенетически измененных, а именно хлоритизированных осадков этого бассейна.

Получающиеся здесь минералы не были нами изучены химически и потому только по аналогии с такими же минералами в районе никелевых месторождений Орско-Халиловского района, изучавшимися И. И. Гинзбургом и его группой сотрудников, можно думать, что это

Химические анализы руд, слагающих юго-восточный борт карьера 5/2 Мало-Халиловского месторождения

Р у д а	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O+ Na <sub>2</sub> O	S	NiO	CoO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O	Сумма	pH
1. Сидеритизированная зона в бобово-оолитовых рудах . . . . .	10.40	1.05	12.02	54.20	3.13	0.76	0.14	2.19	1.73	—	0.01	0.13	—	0.43	14.77	100.98	7.0
2. Бобово-оолитовая гидрогетит-хлоритовая руда . . . . .	8.90	0.99	8.02	61.31	2.04	3.36	0.25	1.86	1.45	—	0.01	0.15	0.0	0.45	11.66	100.45	7.1
3. Псевдобобовая гидрогетит-хлоритовая руда . . . . .	15.28	0.31	13.95	41.48	2.40	7.10	0.14	0.72	1.82	0.34	0.01	0.43	—	0.34	15.65	99.97	7.2
4. Грубслоистая гидрогетит-хлоритовая руда . . . . .	7.37	сл.	5.52	67.39	1.63	0.85	0.36	1.69	0.54	—	0.01	1.31	—	0.42	13.60	100.69	7.3
5. Тонкослоистая гидрогетит-хлоритовая руда . . . . .																	
6. Тонкослоистая руда из основания рудной залежи . . . . .	6.80	сл.	5.53	68.11	1.15	5.73	0.88	1.67	0.41	—	0.05	1.26	0.10	0.30	9.43	101.42	7.4
7. Бобово-оолитовая руда из основания рудной залежи, залегает на серпентините (линза в слоистых рудах) . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7.7

Анализы взяты из работы М. М. Калганова, они выполнены в 1939 г. в химической лаборатории ИГН АН, pH определено Н. В. Лазаревым в 1937 г.

нонтрониты. Значит, в данном случае сверху проникали растворы, содержавшие железо, алюминий и кремнезем.

Такое строение подрудной толщи из зон нонтронитизированного и карбонатизированного серпентинитов может быть объяснено как образование доюрской коры выветривания. А. В. Хабаков (1934) и позднее Д. Г. Ульянов, Г. С. Грицаенко и др. (1937) и И. И. Гинзбург (1938), описывая строение коры выветривания в Халиловском районе (Айдарбак), отмечают в ней следующие горизонты: 1) охр, 2) нонтронитизированных серпентинитов, 3) «выщелоченных серпентинитов» и 4) горизонт магнезита. В этом подразделении коры выветривания наше внимание привлекает третий горизонт — «выщелоченных серпентинитов», который представляет собой пористые слабо измененные серпентиниты. Причина образования пор не получила достаточно убедительного объяснения у Гинзбурга. Скорее всего зона так называемых выщелоченных серпентинитов представляет собой зону слабо карбонатизированного серпентинита, из которого карбонат выщелочен. В таком случае строение коры выветривания на Айдарбаке и в Ново-Киевске было бы совершенно аналогичным. Для нас является вполне логичным представление о постепенном опускании всех уже образовавшихся зон при дальнейшем ходе процессов выветривания, но остается неубедительным объяснение условий возникновения этих зон как следствие выветривания в доюрское время: непонятен источник накопления глинозема в виде нонтронита в зоне нонтронитизированных серпентинитов и источник карбоната кальция в зоне карбонатизированных серпентинитов, так как свежие дуниты и дунитовые серпентиниты содержат очень мало кальция и алюминия. С другой стороны, при принятии положения, что зона охр возникает за счет выветривания зоны нонтронита и нонтронитизированных серпентинитов, представляется непонятным опускание этой последней зоны при продолжении хода процессов выветривания, так как железо и глинозем при разложении нонтронита не мигрируют вниз, а накапливаются в зоне охры.

Поэтому заслуживает внимательного рассмотрения возможность иного объяснения причин возникновения зоны нонтронитизированных пород — миграцией глинозема в толщу коры выветривания сверху в водах, которые, циркулируя в юрское время по поверхности и скопляясь в бассейнах в депрессиях поверхности, производили в них хлоритизацию кластического материала. Вопрос этот требует дальнейшего детального изучения.

В трещинах, пересекающих нижние горизонты рудной залежи, кроме указанного выше кристаллического хлорита встречаются наросты кристаллы магнетита, а в трещинах, идущих параллельно слоистости, встречаются прожилки магнетита.

Образование их нужно приурочить ко времени диагенеза осадков в водных бассейнах юрского времени в Баймакской депрессии. Они описаны мною особо (Кротов, 1940).

### в) Третья стадия образования — выветривание

Изучение надрудной толщи показало, что в значительном количестве мест на Орловском, Мало-Халиловском и других месторождениях покрывающие глинисто-алевритовые породы юры лежат на размытой поверхности рудного тела. Поверхность рудной залежи покрыта бороздами размыва и углублениями, в некоторых местах в ней отсутствуют руды, слагающие обычно верхние горизонты (бобово-оолитовые глинистые конгломератовидные руды), и вместе с тем сама залежь очень маломощна. В целом ряде мест и в особенности на Орловском, Ново-Петропавловском, Георгиевском месторождениях рудное тело оказывается совершенно размытым и вместо сплошного рудного тела встречается рудный делювий из глыб руд различных типов.

Песчано-алевритовые породы, слагающие юрские отложения в местах размывов рудных залежей, относятся к тем же хайбуллинским отложениям П. Л. Безрукова и А. Л. Яншина, но, несомненно, являются уже отложениями из потоков. У нас нет достаточных данных для заключения о времени отложения осадков из таких потоков, т. е. возникли ли они после прекращения существования мелководных бассейнов, покрывавших рудные месторождения глинистыми осадками, или их деятельность относится еще ко времени существования таковых и обусловлена превращением стоячих бассейнов в проточные на известное время.

Во всяком случае все эти надрудные глинистые и песчано-алевритовые породы относятся еще к отложениям хайбуллинской свиты П. Л. Безрукова и А. Л. Яншина, которые они считают отложениями из потоков, двигавшихся по Баймакской депрессии, и из озер, которые местами существовали в ее пределах и относились частью к бессточным, частью к проточным бассейнам.

Отложения хайбуллинской свиты в пределах Баймакской депрессии прикрываются песчано-галечными и алевритовыми отложениями зирен-агачской свиты П. Л. Безрукова и А. Л. Яншина, встреченными в районе рудных месторождений только около Орловского месторождения, где и они, по данным Г. И. Теодоровича (1939), не играют большой роли.

Диagenетические изменения осадков, накопившихся на дне озерных бассейнов в Халиловском районе в нижнеюрское время, прекращались, когда фациальные условия в них, благоприятствовавшие хлоритизации (заболочивание), изменялись или когда бассейны прекращали свое существование совершенно.

Из описания отдельных месторождений и из характеристики надрудной юрской толщи мы видим, что при отсутствии размыва гидрогетит-хлоритовые бобово-оолитовые глинистые конгломератовидные руды, слагающие верхние горизонты рудных залежей, постепенно обогащаясь глиной, переходят сверху в глинистые породы с отдельными гидрогетитовыми бобами, а затем в чистые глины. Эти породы являются, очевидно, осадками из очень мелководных бассейнов или из заливов, оставшихся на месте заболоченных озерных бассейнов, в которых отлагались бобово-оолитовые осадки. Судя по мощности глинистых и глинисто-алевритовых осадков, прикрывающих рудные месторождения, эти мелководные бассейны иногда существовали довольно долгий промежуток времени. В некоторых местах, как, например, в Ново-Киевском месторождении, среди таких алеврито-глинистых отложений встречаются пропластки оолитовых гидрогетитов, что указывает на временное углубление этих бассейнов и возобновление фациальных условий, благоприятных для образования оолитовых гидрогетитов. Среди глинисто-алевритовых пород в надрудной толще иногда находятся прослойки, богатые конкрециями марказита, позднее перешедшими в гидрогетит, или растительными остатками, которые, по определению Л. М. Кречетовича, А. Н. Криштофовича и В. Д. Принада, характерны для орской юры и указывают на ее принадлежность к верхним горизонтам нижней юры или к нижним горизонтам средней юры. Такая же флора была найдена и в глинистых прослойках среди рудной залежи в Аккермановском месторождении.

На отложениях зирен-агачской толщи в Халиловском районе лежат уже прямо отложения верхнего мела, начинающиеся в одних местах слоями верхнемеловых пород домастрихтского возраста, которые, по мнению Г. И. Теодоровича, с известным вероятием могут быть отнесены к морскому туруну. В других местах верхнемеловые отложения начинаются непосредственно с маастрихта и, наконец, иногда наблюдаются над юрой континентальные отложения, относимые условно к верхнему мелу.

Верхнемеловые отложения залегают по большей части на континентальной юре, но имеются места, где они лежат прямо на рудной толще, как, например, на Георгиевском месторождении.

Морской верхний мел в Халиловском районе сменяется отложениями морского палеогена, причем обычно между мелом и палеогеном имеется перерыв, и последний залегают на размытой поверхности более древних отложений, иногда вплоть до рудной толщи.

На морском палеоцене или непосредственно на верхнемеловых отложениях местами констатированы кварцитовидные песчаники и красные глины, представляющие собой континентальные отложения, которые, может быть, относятся к эоцену или даже к более молодым отложениям третичного возраста.

В Аккермановском месторождении на юрской толще, а местами прямо на известняках карбона, залегают глины и пески верхнеплиоценового возраста с пресноводной фауной (Теодорович, 1939).

Четвертичные отложения прикрывают в разных местах толщи разного возраста, располагаясь местами плащом на водоразделах или в речных долинах, слагая речные террасы.

Приведенные данные об условиях залегания отложений более позднего возраста на юрских отложениях и рудном теле явно показывают, что после отложения толщи бобово-оолитовых руд и диагенеза осадков рудное тело во многих местах подвергалось некоторое время воздействию агентов выветривания, причем в первый раз местами еще в эпоху отложения хайбуллинских осадков. Во второй раз рудное тело вышло на поверхность и подвергалось выветриванию в промежуток времени после отложения зирен-агачской свиты и до покрытия их верхнемеловыми морскими осадками. Отложению их предшествовал сильный размыв, вскрывший местами рудное тело. В третий раз рудное тело подверглось выветриванию во время континентального перерыва в промежутке между верхним мелом и палеоценом. В районе Аккермановского месторождения рудное тело несомненно подвергалось выветриванию во время континентального периода в верхнеплиоценовое время, так как отложения этого возраста залегают на известняках карбона или на юре. Возможно, что аналогичные условия имели место и в Ново-Петропавловском месторождении, где иногда рудная толща покрыта породами, похожими на континентальные третичные отложения. Современная гидрографическая сеть в Орско-Халиловском районе начала выработываться, повидимому, еще в третичное время. Долина р. Большой Губерли имеет в настоящее время переуглубленный характер, что указывает на ее древность, а вместе с тем и на продолжительность хода процессов выветривания в четвертичное время в этом районе. Четвертичные отложения местами лежат непосредственно на руде и содержат гальки руд в основании.

В итоге получается, что железорудные месторождения халиловского типа после своего образования шесть раз попадали в сферу воздействия поверхностных агентов и подвергались процессам выветривания. Несомненно, что климат в эти эпохи не оставался одинаковым, так что ход процессов выветривания изменялся. Местность несколько раз испытывала поднятие и опускание и уровень грунтовых вод неоднократно смещался то вверх то вниз. Следы бывшего более высокого положения уровня грунтовых вод констатируются в Орловском месторождении, Мало-Халиловском и Ново-Киевском карьерах, где в верхних горизонтах бобово-оолитовых руд встречается зона цементации в виде прослойка бобово-оолитовых руд, импрегнированного линзами и желваками сидерита. Однако, позднее уровень грунтовых вод понизился и сидеритовые выделения, окисляясь, перешли в гидрогематит и гидрогетит. В настоящее время уровень грунтовых вод в районе проходит довольно низко, так что большая часть рудного тела в месторождениях находится

выше уровня грунтовых вод, в сфере воздействия агентов выветривания. Остановимся подробнее на этих процессах.

1. Выветривание железистых хлоритов. Процесс выветривания железистых хлоритов в разные периоды времени протекает несколько differently.

Более распространенный ход процесса выветривания таков. Выветривание совершается в данном случае в две стадии. Первая стадия изменения, повидимому, заключается только в окислении содержащейся в хлорите закиси железа в окись, которая выделяется в массе изменяющегося хлорита в виде точечных включений и тончайших пленок. В эту стадию, повидимому, кристаллическая решетка минерала не разрушается, но минерал приобретает более светлую окраску.

Следующая стадия выветривания заключается уже в разрушении решетки минерала, причем на месте остается гидроокись железа, а кремнезем, глинозем и никель уносятся. В результате на месте хлорита остается гидрогетит, который и образует цемент в бобово-оолитовых рудах.

При изучении шлифов из руд разных типов из различных горизонтов рудного тела выясняется, что почти вся толща претерпела в той или иной степени изменение первой стадии. Но во многих местах в виде более или менее значительных участков, в особенности в верхних горизонтах, рудное тело находится во второй стадии изменения.

Вторая стадия изменения хлоритов является непосредственным продолжением первой и накладывается на нее. Процессы изменения в эту стадию хорошо прослеживаются под микроскопом. В прослойках железистого хлорита в слоистых рудах, а иногда и в серпентин-нонтронитовых прослойках появляются тончайшие прожилки гидрогетита или эренвертита. Гидрогетит в железистых хлоритах образует сначала точечные выделения и тончайшие пленочки, а затем полностью его замещает, причем часто показывает аномальную поляризационную окраску. Очень часто гидрогетит выделяется также вдоль горизонтально идущих трещин и получает на разрезе форму лент, слегка изгибающихся, разделяющихся и снова соединяющихся, которые вместе со слоями хлорита и серпентин-нонтронитовых обломков образуют перемежающиеся прослойки в составе тонкослоистых руд и тем самым обуславливают ярко выраженную тонкослоистость этих руд. Вторичное происхождение гидрогетита доказывается условиями его нахождения в трещинах, пересекающих хлорит и другие минералы, и явлениями замещения хлорита.

В некоторых случаях отдельные слои имеют столь малую мощность (до 1 мм), что и самые руды можно называть листоватыми рудами.

Среди тонкослоистых руд местами возникают чешуйчатые руды, образованные из мелких чешуек железистого хлорита, обросшего с периферии каймой гидрогетита. Чешуйчатые руды образуются вдоль горизонтальных трещин среди слоистых руд и имеют форму прослоек или участков и постепенно переходят в слоистые руды обычного типа. Чешуйчатые руды имеют вид пористой рыхлой или слабо связанной массы. Большим распространением они не пользуются, хотя встречаются спорадически во всех месторождениях.

Начальные стадии процесса изменения железистых хлоритов в рудном теле макроскопически проявляются в обохривании хлоритового цемента в рудах и импрегнации хлорита тончайшими пылинками и точечными выделениями гидроокислов железа.

Обохривание железистых хлоритов совершается очень быстро и прослеживается местами даже в забое; свежие руды с зелеными хлоритами через несколько месяцев уже обохриваются и приобретают бурую окраску. Этот факт показывает, что для разложения хлорита в халиловских рудах достаточно присутствия кислорода в грунтовых водах,

некогда циркулировавших в них. Некоторые виды хлоритов быстро обохриваются даже при хранении в музейных шкафах.

2. Миграция кремнезема и глинозема и образование силифицированных пород, нонтронита и палыгорскита. Изучение шлифов из гидрогетит-хлоритовых слоистых и бобово-оолитовых руд показывает, что в некоторых местах хлоритовый цемент замещен гидрогетитом, что совершенно ясно указывает на разложение хлорита и вынос кремнезема и глинозема. Химические анализы бобово-оолитовых руд, цемент которых замещен гидрогетитом, показывают всегда пониженное количество кремнезема и глинозема по сравнению со свежими. Ясно, что при замещении хлоритов часть  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  была вынесена.

Залегание силифицированных серпентинитов под рудной толщей дает основание связывать силификацию подстилающих серпентинитов с процессами выветривания рудной толщи и выносом из нее кремнезема и глинозема. Однако рассмотрение рельефа поверхности силифицированных серпентинитов не позволяет установить эту связь: силифицированные породы выступают в виде гребней и скал на поверхности карбонатизированных серпентинитов, что указывает на размыв этих пород в бассейне до отложения рудной толщи.

Условия залегания силифицированных пород особенно характерно выступают на Ново-Киевском месторождении, где эти породы и были подробно изучены.

В северной части северной залежи Ново-Киевского месторождения после выборки руды обнажалась неровная поверхность измененных серпентинитов в виде ряда гребней и скал, на которых и между которыми в карманах сохранились еще местами остатки слоистых руд. Гребни выступающих серпентинитов имеют в большинстве случаев строение из трех зон: 1) внизу более или менее свежий или слабо карбонатизированный серпентинит, 2) промежуточная зона карбонатизированного серпентинита и 3) верхняя часть и гребень из силифицированного серпентинита (фиг. 38).

Нижняя зона свежего серпентинита представлена то хризотиловым серпентинитом с изменчивым количеством псевдоморфоз серпентина по пироксену и обычной сетчатой текстурой, то хризотиловым серпентинитом с различным количеством жилок кальцита, пересекающих породу по различным направлениям. Выше в серпентините появляются участки, где порода между жилками кальцита замещена частично кальцитом с сохранением следов первоначальной сетчатой текстуры. Зерна магнетита и хромшпинелидов сохраняются в этой зоне без изменения. Путем увеличения количества кальцита, замещающего породу, создается переход к следующей зоне, где находится уже почти полностью карбонатизированная мелкозернистая порода с зернами магнетита и хромшпинелидов, совершенно свежими или частично карбонатизированными. Иногда в этой карбонатной массе имеются мелкие участки хризотилового серпентина и отдельные зерна псевдоморфоз по пироксену, которые пересечены жилками кальцита или в которые внедряется с периферии языками карбонатная масса. В карбонатной породе ясно наблюдаются кое-где следы первоначального строения хризотилового серпентина с сетчатой текстурой.

Серпентин и псевдоморфозы по пироксену, сохранившиеся в карбонатизированной зоне, часто оказываются нонтронитизированными: они приобретают более или менее интенсивную зеленую окраску, волокна в шнурах теряют свои резкие контуры и как бы размазываются, при более сильном изменении они превращаются в пластинки, имеющие мятый характер, и показывают слабое двупреломление. Позеленение серпентинита описанного типа замечается иногда и в первой зоне, где серпентинит еще не карбонатизирован. Выделения магнетита вдоль хризотилового

шнуров сохраняются без изменения в карбонатизированной породе. Карбонатизированная порода второй зоны постепенно переходит в третью зону, где наблюдается силицификация. В переходной зоне на ряду с нонтронитизацией серпентинита наблюдается другой процесс изменения, который захватывает как нонтронитизированный серпентинит, так и карбонатную породу. Шнуры серпентина сливаются в мелкие пластинки зеленого цвета со слабым или сильным двупреломлением. Вдоль трещин в карбонатной породе и в виде пятен в ней появляется минерал, окрашенный в слабозеленоватый цвет и имеющий форму брусочков и пластинок и отличающийся слабым или сильным двупреломлением.

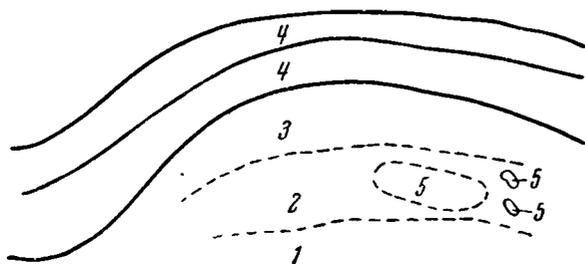
Оба образующиеся минерала относятся, по видимому, к группе нонтронитовых минералов, причем при просмотре шлифов создается впечатление, что первоначально возник минерал желтовато-зеленого цвета со слабым плеохроизмом и двупреломлением, а позднее, как на выделениях этого минерала, так и в виде самостоятельных зерен, — минерал желтовато-зеленого цвета с плеохроизмом в желтых и бурых тонах, который имеет двупреломление порядка 0.025. Иммерсионным методом было произведено определение показателей преломления первого минерала:  $N_g=1.592+0.003$ ;  $N_p=1.586.5 \pm 0.0025$ ;  $N_g-N_p = 0.0055$ ; 2V маленький; знак +; уд. вес 1.965 в бромформе.

По данным И. И. Гинзбурга, этот минерал, по видимому, относится к группе бейделлита — феррибейделлиту. Второй минерал остался неизученным.

Однако, как указывалось выше, эти минералы представляют собой, по видимому, продукты замещения из

растворов, а не продукты выветривания серпентинитов в коре выветривания. Присутствие глинозема в составе нонтронита указывает на миграцию глинозема вниз.

Верхняя часть зоны карбонатизированного серпентинита подверглась силицификации. Силицификация распространялась сверху вниз, судя по тому, что самые выступающие части выходов карбонатизированного серпентинита превращены в кварцитовидную породу



Фиг. 38. Залегание слоистых гидрогетит-хлоритовых руд на неровной поверхности измененных серпентинитов

1—мало измененный серпентинит; 2—карбонатизированный серпентинит; 3—силицифицированный серпентинит; 4—слоистая руда; 5—охристый гидрогетит

красного цвета, а в более удаленных от поверхности частях порода подвергалась частичной силицификации. Тонкие кварцевые прожилки встречаются и в серпентинитах.

В переходной зоне к карбонатизированному серпентиниту ясно прослеживается ход процесса силицификации этой породы. На фиг. 39, 40 видно, как кварцевые прожилки и языки проникают в карбонатизированный серпентинит.

Они развиваются как вдоль карбонатизированных шнурочков, так и без связи с ними. Иногда кварц и халцедон появляются как бы в виде разобщенных пятен среди карбонатных участков, что и ведет к образованию пород смешанного состава; их можно назвать карбонатизированными и силицифицированными серпентинитами.

Однако, на ряду с таким ходом силицификации встречается развитие тонких кварцевых жилок, дающих сеть, в петлях которой сохраняются мелкие участки замещенной карбонатом породы со строением петель

серпентинита (фиг. 41); эти участки карбонатизированного серпентинита были первоначально обохрены, а затем силицифицированы. Встречаются и случаи возникновения кварцевых прожилков, дающих своеобразную запутанную сеть прожилков, в промежутках между которыми сохраняются мелкие участки карбонатизированного серпентинита.

Кварцитовидная порода в некоторых местах пересекается прожилками и выклинивающимися на небольшом расстоянии жилами кварца белого цвета, относящимися к другой генерации и к более позднему времени выделения. Описанные кварцитовидные породы можно, судя по имеющемуся описанию, уподобить породам, которые L. Durac, E. Molly и A. Morloz (1927) назвали бирбиритами.

Условия нахождения кварцитовидных пород свидетельствуют, что процесс силицификации захватил очень слабо обохренную или необохренную зону карбонатизированного серпентинита. В результате хода процесса эта порода была на известную глубину силицифицирована. Кое-где в силицифицированной породе оказались участки охристого гидрогетита, который можно рассматривать как участки не силицифицированной охры гидрогетита, возникшей несколько ранее путем обохривания карбонатизированного серпентинита.



Фиг. 39. Карбонатизированный серпентинит, частично силицифицированный (белое) по некоторым направлениям с сохранением следов первоначального сетчатого строения карбонатизированного серпентинита. Ново-Киевское месторождение, обр. 21в,  $\times 45$ . Николи ||

Процесс силицификации очевидно связан с деятельностью просачивающихся грунтовых вод, которые принесли в растворе кремнезем. Процесс выделения кварца из притекавших растворов несомненно был процессом довольно длительным и протекал с перерывами, на что указывает частое нахождение в охре кварцевых жилок и щеток, лишенных включений охры, и прожилков и щеток с содержанием охры («железистый кварц»), а также присутствие в кварцитовидной красноватой породе белых прожилков кварца.

Как указывалось выше, слоистые гидрогетит-хлоритовые руды залегают на поверхности карбонатизированных, обохренных и силицифицированных серпентинитов, переходя с одного вида пород на другой. Однако пласты слоистых руд не лежат горизонтально, заполняя углубления между силицифицированными выступами, а прогибаются, раз-

дробляются и заполировываются, опускаясь в углубления, где они залегают на охристых рудах. Этот факт показывает, что прогибание пластов слоистых руд произошло в более позднее время, после отложения рудной толщи, и обусловлено выщелачиванием и обохриванием карбонатизированных серпентинитов в послееюрское время. Вместе с тем устанавливается, что миграция железа вниз и обохривание карбонатизированных серпентинитов в большей своей части также происходило в это же время.

Миграция кремнезема вниз, связанная с процессами выветривания гидрогетит-хлоритовых руд, привносила в подстилающие карбонатизированные и силицифицированные серпентиниты новые массы кремнезема. По всей вероятности этот процесс обусловил образование в подстилающих породах прожилков белого кварца и дополнительную силицификацию карбонатизированных серпентинитов. Масштаб доюрского процесса силицификации был вероятно большим, по аналогии с силицификацией на Среднем Урале, описанном мною ранее (Кротов и др., 1936).



Фиг. 40. Карбонатизированный серпентинит (серое) подвергается силицификации (белое) вдоль трещин в породе. Замещение халцедоном и кварцем произошло с сохранением первоначального строения породы. Ново-Киевское месторождение, обр. 19а,  $\times 45$ . Николи ||

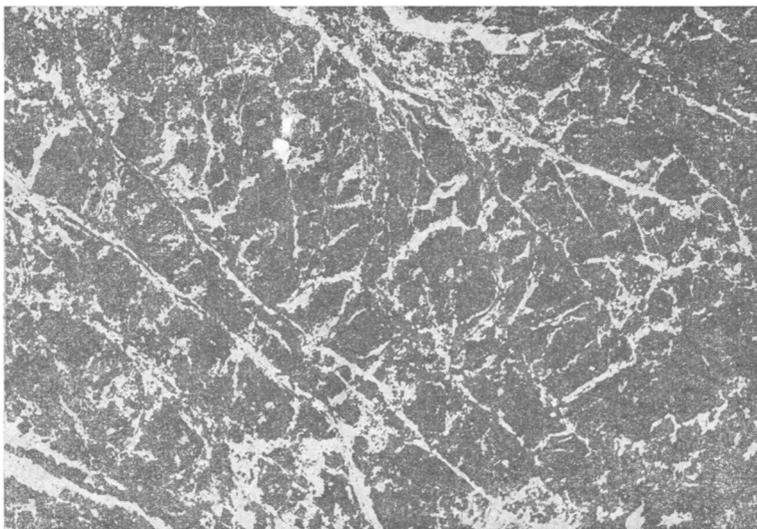
Изучение процессов доюрской и послееюрской силицификации Орско-Халиловского района входит в задачи работ группы И. И. Гинзбурга, которыми они будут освещены более подробно.

Кварцитовидные породы, как указывалось выше, обычно окрашены в буровато-красный цвет. Микроскопическое изучение показало, что красная окраска обусловлена присутствием тонких мелких трещин в породе, выполненных гидрогетитом. Кроме того гидрогетит в виде пылинок пропитывает иногда кварц, заместивший шнуочки хризотилового серпентинита, которые обычно содержат мельчайшие выделения магнетита. Кое-где гидрогетит от трещин проникает в массу зерен кварца и частично их замещает. Все это позволяет предполагать, что гидрогетит в кварцитовидной породе является вторичным образованием. Скорее всего, что процесс замещения гидроокислами железа протекал одновременно с обохриванием и разложением карбонатизированного серпентинита в кайнозойское время. Этот процесс описывается ниже.

Таким образом процесс силификации протекал в доюрское (триасовое) и в послейорское время.

На Ново-Киевском месторождении рудная толща в некоторых местах пересечена перпендикулярно или под крутым углом к слоистости трещинами, выполненными палыгорскитом. Выделения палыгорскита находятся главным образом в пределах верхней части бобовых руд, реже в нижних горизонтах их и еще реже в толще грубослоистых руд. Образование минерала нужно отнести, очевидно, ко времени оседания рудной толщи в карстовые углубления, т. е. к третичному времени. Присутствие минерала указывает на миграцию  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}$ , обусловлено выветриванием рудной залежи.

3. Миграция железа и образование желваков сидерита, жеод, прожилков охры, гидрогетита. Вышеописанный ход процесса выветривания рудной толщи, сопровождавшийся выносом кремнезема и накоплением на месте выветривания и в продуктах выветривания гидроокислов железа, в какой-то пока еще не установленный



Фиг. 41. Карбонатизированный серпентинит, подвергшийся первоначально обохрению и позже силификации. На снимке видна сеть кварцевых жилок (белое) и темные участки — сохранные места в петлях сети серпентинита, позднее также силифицированные.

Ново-Киевское месторождение, обр. 10а,  $\times 45$ . Николи ||

отрезок времени, но скорее всего в третичное время, сменился другим типом процесса выветривания, когда железо переходило в раствор и мигрировало вниз.

При изучении разрезов через рудную толщу можно наблюдать и проследить картину изменений в месторождении под влиянием воздействия просачивавшихся вод, содержавших кислород, которые проникали в месторождение по мере понижения уровня грунтовых вод.

В целом ряде месторождений в верхних горизонтах бобово-оолитовых руд сохранилась зона цементации на уровне грунтовых вод известного времени, с которой связаны были выделения сидерита. В более низких горизонтах рудной толщи в бобово-оолитовых и слоистых рудах в разных местах встречаются следы некогда бывшей здесь зоны цементации, в которой проникавшие поверхностные воды осаждали сидерит и гидроокислы железа в трещинах, образуя прожилки, или производили замещение боковой породы, окаймляя трещины зонами оруденения.

Совершенно несомненно, что по мере дальнейшего опускания уровня

грунтовых вод наступил момент, когда этот уровень находился на поверхности карбонатизированных серпентинитов и грунтовая вода должна была циркулировать по склону этих пород и застаиваться в понижениях на их поверхности. К этому периоду времени относится, очевидно, замещение карбонатизированных серпентинитов гидратами окиси железа с марганцем и никелем и образование никеленосных и кобальтоносных охр.

Вследствие дальнейшего понижения уровня грунтовых вод поверхностные воды начали проникать по трещинам в карбонатизированные серпентиниты, растворяя и замещая их кварцем и гидроокислами железа. Таким образом и нужно объяснить происхождение карстообразных депрессий в карбонатизированных серпентинитах и выщелачивание карбоната из них, а вместе с тем возникновение пористых «выщелоченных» серпентинитов, по терминологии исследователей никелевых месторождений. В связи с развитием карстовых явлений стоит раздробление и опускание железорудных месторождений и других покровных пород в карстовые углубления, а вместе с тем этим обусловлены и вынос и осаждение в трещинах под карстовыми понижениями различных минералов, как кварц, халцедон, карбонаты, гидросиликаты магния и никеля и т. д. Разберем эти процессы отдельно.

1. Образование зоны сидеритовых желваков на древнем уровне грунтовых вод. Миграцией железа, приуроченной к какому-то определенному периоду времени (третичное?), нужно объяснить возникновение в рудной залежи сидеритизированного горизонта. В Мало-Халиловском месторождении сидеритизированный горизонт находится в верхней части толщи бобово-оолитовых руд; в Орловском месторождении он возник точно так же в бобово-оолитовых рудах; в Ново-Киевском месторождении по большей части он проходит в бобово-оолитовых, но иногда и в слоистых рудах.

Сидеритизированный горизонт представляет собой ряд линз и желваков сидерита, располагавшихся цепочкой в одной плоскости и тесно примыкавших друг к другу. Отдельные выделения сидерита возникли в бобово-оолитовых и слоистых рудах путем замещения их сидеритом, причем в массе сидеритов и в продуктах их изменения сохранились иногда участки мало измененных бобово-оолитовых руд. Сидеритизированная зона отличается от подстилающей части бобово-оолитовых руд сильной трещиноватостью параллельно поверхности и сильным изменением вмещающей руды, проявляющимся в выщелачивании железа и разложении хлорита вдоль трещиноватых зон. Свежий неизменный сидерит сохранился, однако, только в очень редких местах и встречен главным образом в Орловском месторождении. В остальных же месторождениях вместо него находятся зонарные жеоды гидрогетита и гидрогематита концентрически-скорлуповатого сложения с ядром из глинистого гидрогематита кирпично-красного цвета. Очень редко в ядре попадаются остатки не вполне измененного сидерита. Изменение сидерита в гидрогетит и гидрогематит нужно приурочить ко времени понижения уровня грунтовых вод, когда зона цементации, в которой выделился сидерит, перешла в зону выщелачивания, куда имел доступ кислород.

В южной части Мало-Халиловского месторождения на продолжении сидеритизированной зоны находится зона полых жеод гидрогетита, выполненных очень часто кристаллами кальцита. Возникновение зоны полых жеод гидрогетита по аналогии с месторождениями алапаевского типа нужно объяснить образованием стяжений сидерита в зоне цементации при более высоком положении уровня грунтовых вод в меловое или третичное время и их последующим растворением при понижении уровня грунтовых вод при воздействии вод, лишенных кислорода. Растворение сидерита вызвало образование полостей, в которые в более позднее время стали просачиваться кислородсодержащие воды, приносившие

в растворе коллоидную окись железа и, вероятно, немного кремнезема, причем окись железа в полости периодически выпадала в виде гидрогеля и в конечном счете дала начало образованию, которое получило название полый жеоды. Позднее в полости жеоды из растворов местами выделился кальцит, заполняющий ее иногда полностью.

Образование сидеритизированного горизонта было обусловлено, видимо, долгим сохранением грунтовых вод на одном уровне. При понижении уровня грунтовых вод зона цементации переходила постепенно вглубь, но этот переход совершался, очевидно, сравнительно быстро, так как в более низких горизонтах рудной залежи мы не встречаем более зоны желваков сидерита, и лишь поверхность трещин и пустот, имеющих в нижней части рудной залежи, была покрыта щетками, корочками и отдельными кристаллами сидерита, которые позднее, при дальнейшем понижении уровня грунтовых вод, попали в зону кислородного выветривания и окислились, так что вместо сидерита мы встречаем только псевдоморфозы гидрогетита по кристаллам сидерита.

2. Образование прожилков гидрогетита и выделение гидрогетита и гидрогематита в залежи. Миграция железа очень наглядно документируется во многих местах появлением жил гидрогетита, пересекающих рудную толщу по разным направлениям. Эти жилки образованы из волокнистого или плотного гидрогетита, отличающегося своей чистотой.

Кроме того в рудной толще замечается иногда появление оруденелых зон вокруг вертикальных трещин, пересекающих бобово-оолитовые руды, которые по ту и другую сторону от трещин на некоторую глубину замещаются гидрогетитом, содержащим остатки неизменной боковой породы. Подробнее см. работы М. И. Калганова, А. Л. Яницкого и В. Е. Ягановой, во 2 части этого сборника.

В грубослоистых и бобово-оолитовых рудах мигрирующая окись железа в бывшей зоне цементации часто замещает песчинки кварца и обломки и песчинки каолиновой глины с сохранением их формы. Процесс замещения кварца и халцедона идет аналогично ходу процесса в беликах Алапаевска (Кротов и др., 1936). Замещение обломков глины идет с периферии или в массе обломка пятнами, и постепенно обломок замещается эренвертитом или гидрогетитом (фиг. 20).

В слоистых рудах гидроокислы железа, приносимые просачивающимися поверхностными водами, в бывшей зоне цементации осаждались включениями и прослойками карбонатов, имевшимися в них. Таким образом возникали прослойки гидрогематита в этих рудах. В дальнейшем просачивающиеся воды выщелачивали оставшиеся карбонаты, что обусловило появление пористости и даже иногда рыхлости этих пород.

3. Миграция железа в карбонатизированные серпентиниты и образование охристых руд. Охристые гидрогетитовые руды, как уже отмечалось, довольно сильно распространены в районе и окаймляют с запада месторождения Промежуточное, Ново-Киевское и Георгиевское. Местами они подстилают также и западные части этих месторождений. Условия залегания охристых руд под железорудными месторождениями можно наблюдать очень хорошо на Ново-Киевском месторождении, что позволило изучить детали положения охр на поверхности карбонатизированных серпентинитов, а вместе с тем и выяснить происхождение этих руд.

Ново-Киевское месторождение, подобно другим, повсеместно с западной стороны окаймлено полосой охристых гидрогетитов. Охры местами выходят прямо на поверхность в виде рыхлой массы и содержат часто отдельные прожилки и обломки кварцевых жилок или кристаллов. Местами они сменяются плотными сливными кварцитоподобными звонкими породами, в которых спорадически встречаются неправильные каверны и полости, то совершенно полые, то наполненные охристыми

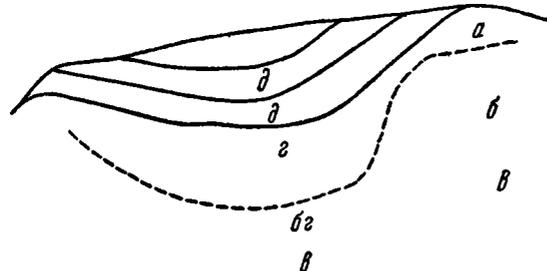
гидрогетитами. В мелких шурфах и канавах можно иногда видеть, что вниз кварцитоподобные породы сменяются охрами. Наблюдения в железнородожной выемке, прорезающей серпентинитовые гребни, позволили выяснить следующие условия образования как охр, так и кварцитоподобных пород.

На зарисовке стенки выемки (фиг. 42) видно, что охристые гидрогетиты залегают в более пониженных местах рельефа поверхности карбонатизированных серпентинитов, повышенные части которых, выступающие в виде гребней, подверглись силицификации.

Рудная толща залегают правильными пластами, покрывая все породы и переходя с положительных на отрицательные формы рельефа, причем на отрицательных она, опускаясь, изгибается и показывает разрывы сплошности и зеркала скольжения. Этот факт указывает на образование этих опусканий в более позднее время, после возникновения самого месторождения.

Повышенные части рельефа и гребни образованы из кварцитоподобной породы, тогда как охристые гидрогетиты залегают в пониженных частях его. Вглубь охристые гидрогетиты постепенно сменяются карбонатизированными серпентинитами. Изучение шлифов показывает следующую картину залегания охры на карбонатизированных серпентинитах.

В карбонатизированном серпентините в более глубоких частях породы видны выделения мелких частиц свежего магнетита вдоль бывших жилков серпентинита и тончайшие пылинки гидрогетита, которые своим расположением намечают в шлифах в проходящем свете контуры петель ранее существовавшей сетчатой текстуры хризотилового серпентинита, впоследствии карбонатизированного<sup>1</sup> (фиг. 43).



Фиг. 42. Зарисовка стенки ж.-д. выемки на Нов.-Киевском месторождении

а—кварцитоподобная порода; б—карбонатизированный серпентинит; бг—обохренный карбонатизированный серпентинит; в—мало измененный серпентинит; г—охристый гидрогетит; д—тонкослоистая гидрогетит-хлоритовая руда.

Ближе к поверхности количество гидрогетитовых пылинок увеличивается, причем они развиваются не только вдоль прежних контуров петель хризотилового серпентинита, но и вне их.

На ряду с пылинками образуются также мелкие чешуйки и зернышки, располагающиеся самым прихотливым образом в породе. По мере приближения к поверхности порода приобретает все более интенсивную охристо-желтую окраску, становится более рыхлой, а на поверхность выходит уже совершенно несвязанная гидрогетитовая охра.

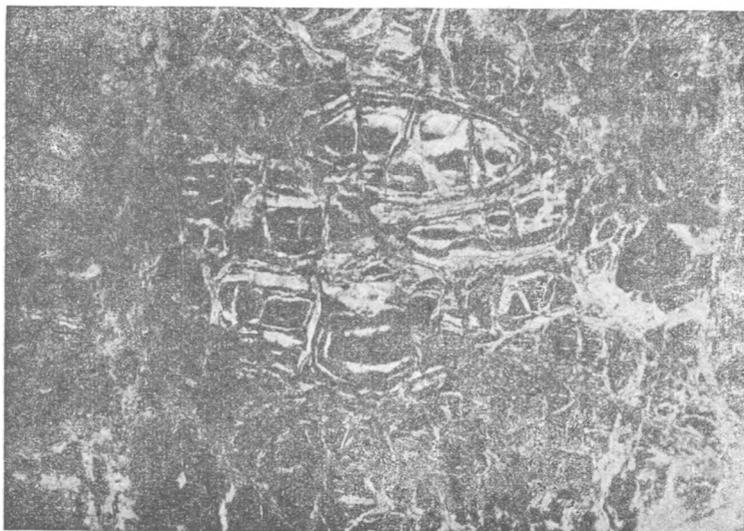
На фиг. 38 в карбонатизированном серпентините имеется линзовидный участок и ряд гнезд охристого гидрогетита. В охристых гидрогетитах часто встречаются отдельные кварцевые зерна, прожилки белого кварца или обломки жилок кварца двустороннесимметричного строения. Довольно часто в кавернах кварцитовидной породы встречаются кристаллы и группы железистого кварца, содержащего включения гидрогетитовой охры.

Присутствие обломков кварцевых жил в охристых рудах определенно свидетельствует о более позднем, а именно кайнозойском процессе об-

<sup>1</sup> Процесс карбонатизации и силицификации серпентинитов в доюрское время здесь не разбирается, так как изучение в региональном масштабе входит в задачи сотрудников Института, изучающих кору выветривания.

охривания карбонатизированных серпентинитов, который был связан с выщелачиванием последних и оседанием охристых руд в карстовые углубления, сопровождавшимся распадением их на глыбы. Сама кварцитовидная порода также испытывала воздействие проникавших в нее железистых растворов: они выделяли гидроокислы железа, которые отлагались тончайшими пленками вдоль спая отдельных зерен кварца и в тончайших трещинах в породе. Местами выделявшиеся гидроокислы железа на некоторую глубину от трещин производили замещение зерен кварца.

4. Миграция никеля и кобальта в рудной залежи и их концентрация в нижних частях ее. Источником никеля и кобальта в халиловских железных рудах служили те обломки никеленосных серпентинитов и коры их выветривания, которые вошли в состав осадков, в дальнейшем преобразованных в железные руды. Известно, что оливин (а также образовавшийся из него серпентин) содержит обычно 0.1—0.3% никеля и 0.007—1.1% кобальта.



Фиг. 43. Полностью карбонатизированный серпентинит с сохранившейся сетчатой текстурой, обусловленной обохриванием внутренних частей петель сети. Ново-Киевское месторождение, обр. 16а,  $\times 45$ .  
Николи ||

Нижние горизонты рыхлых отложений, накопившихся в стоячих бассейнах в пределах Баймакской депрессии, в главной своей массе сложены были тончайшими частицами из перемытых продуктов выветривания серпентинизированных перидотитов, тогда как выше к ним примешивались рыхлые механические обломки алевритового характера кварца, глины и других пород, и растительные остатки, а также продукты химического осаждения из воды (оолиты и бобы).

Такой состав осадков обуславливал с самого начала их отложения в бассейнах неравномерное содержание никеля и кобальта в них, а именно с самого начала нижние горизонты рудоносной толщи должны были содержать больше никеля и кобальта, чем более высокие горизонты ее. Эти первоначальные осадки в процессе диагенеза подверглись замещению железистыми хлоритами, как описано выше. Изучение химического состава железистых хлоритов, входящих в состав руд различных типов, показывает, что они содержат всегда никель, но количество его сильно колеблется, повышаясь сверху вниз. Присутствие никеля в железистых хлоритах в верхних горизонтах рудной толщи свидетельствует, что при

замещении цемента бобов и оолитов никель, имевшийся в нем, вошел в состав хлорита. Никель имеется также и в составе бобов и оолитов в бобово-оолитовых рудах. Анализы железистых хлоритов, гидрогетитов и гидрогематитов из слоистых руд показывают всегда повышенное количество никеля по сравнению с аналогичными минералами более высоких горизонтов рудной толщи.

Анализы штуфных проб различных типов руд, слагающих рудное тело в вертикальных разрезах, произведенные с целью изучения распределения никеля и кобальта в рудной толще в вертикальном и горизонтальном направлениях (Кротов, 1936, 1939<sub>2</sub>), согласно показывают, что количество никеля и кобальта постепенно увеличивается сверху вниз. Это наблюдение, казалось, является следствием большого участия в составе нижних горизонтов рудного тела обломков серпентинитов, нонтронитов и прочих продуктов выветривания серпентинитов. Однако в том случае, когда нижние горизонты рудного тела сложены из бобово-оолитовых руд или бобово-оолитовые руды образуют прослойки и линзы в слоистых рудах, они содержат всегда повышенное количество никеля и кобальта, несмотря на то, что количество хлоритового цемента в них, замещившего серпентино-нонтронитовые обломки, очень незначительно по сравнению с массой бобов и оолитов гидрогетита. Таким образом повышенная концентрация никеля в нижних горизонтах рудной толщи не может быть объяснена только наличием большего количества серпентино-нонтронитового обломочного материала в составе руд. Дальнейшие исследования показали, что в тонкослоистых рудах повышенная концентрация никеля наблюдается, с одной стороны, в прослойках зеленого железистого хлорита, а с другой — в прослойках красного гидрогематита, замещающего прослойки кальцита среди серпентино-нонтронитового обломочного материала, между тем как в этих последних содержалось сравнительно очень немного никеля. Эти факты уже нельзя было объяснить с точки зрения первоначально неравномерного распределения никеля в рудной толще: они совершенно определенно свидетельствовали о вторичной концентрации в этих прослойках никеля.

Очень важное значение для разъяснения причин неравномерного распределения никеля в рудной толще имело изучение состава бобово-оолитовых руд, цемент которых замещен гидрогетитом. Оказалось, что участки бобово-оолитовых руд, цемент которых замещен гидрогетитом, содержат очень малое количество никеля. Ничтожное количество никеля содержится также в участках бобово-оолитовых руд, которые замещены гидрогетитом вдоль вертикальных трещин, в жилках гидрогетита, пересекающих местами рудную толщу, и в жеодах.

Все описанные явления, как отмечалось выше, являются следствием позднейшего выветривания рудной толщи. Поверхностные воды, просачивавшиеся в рудную толщу и циркулировавшие в ней вдоль водонесных горизонтов, разлагали железистые хлориты и уносили в растворе кремнезем, никель и кобальт, тогда как железо частью оставалось на месте и замещало разлагавшиеся хлориты, частью мигрировало вниз вдоль водоносных горизонтов и вдоль трещин. При разложении хлоритов никель переходил в раствор и мигрировал в нижние горизонты рудного тела, где он вновь выделялся в щелочной среде. Щелочная среда создавалась в зоне грунтовых вод в тех местах, где водоупорным горизонтом были карбонатизированные серпентиниты, в неровностях рельефа которых и в карманах, где воды застаивались, создавались особо благоприятные условия для выпадения никеля. Никель выделялся здесь в массе гидрогетит-хлоритовых руд, вытесняя магний из пеннина и нонтронитов, как это доказали исследования И. И. Гинзбурга и А. И. Пономарева (1939), и из железистых хлоритов согласно опытам Р. А. Найшуль, описанным в работе М. И. Калганова о Ново-Киевском месторождении в этом сборнике.

Второй формой концентрации никеля является выпадение его в массе прослоек кальцита среди серпентино-нонтронитового обломочного материала или в богатых кальцитом участках тонкослоистых руд. Можно думать, что никель выпадал здесь в форме гидросиликатов никеля в тонкодисперсном состоянии и невидим под микроскопом, или входил в состав железистых хлоритов. Позднее, когда просачивавшиеся грунтовые воды приносили железо, карбонатные прослойки осаждали окислы железа в форме гидрогетита и гидрогематита, в которых и наблюдается значительное количество никеля.

Дальнейшей формой концентрации никеля в нижних горизонтах рудного тела является выпадение его в аналогичной же среде в тончайших трещинах, пересекающих тонкослоистые руды параллельно и косо к слоистости. Здесь никель выпадает вместе с кобальтом и марганцем и входит в состав вада. Более детально условия и формы выделения никеля в таких местах будут освещены ниже.

Растворы, несущие в своем составе никель, достигают иногда подстилающих карбонатизированных серпентинитов и выделяют там никель в щелочной среде. Притекающие растворы такого рода содержат железо, никель, марганец и кобальт. В щелочной среде они выделяются, давая охры гидрогетита. Процесс этот будет описан подробнее ниже.

Исследования А. А. Смурава (1938<sup>1,2</sup>), изучавшего процессы выветривания серпентинитов в Уфалейском районе и миграцию в них никеля выяснили, что воды, циркулирующие в настоящее время в серпентинитах, содержат никель, железо, алюминий, магний, кальций и кремнезем при общем анионе  $\text{HCO}_3$ . Выделение никеля обуславливается абсорбцией его глинами, в порядке катионного обмена между никелем и кальцием и магнием, находящимися в глинах. Исследования А. А. Смурава и выводы А. Е. Ферсмана (1933) совершенно ясно указывают как на форму переноса никеля при выветривании, так и на условия выделения его в щелочной среде, создавшейся в слоистых рудах благодаря присутствию карбонатов и на древнем уровне грунтовых вод на поверхности карбонатизированных серпентинитов.

Миграция кобальта и его вторичная концентрация в нижних горизонтах рудного тела доказываются формой нахождения его там: кобальт образует тончайшие пленки и дендриты на поверхности трещин в массе гидрогетитовых выделений и хлоритов, тончайшие прожилки в них, которые часто видны только в микроскопических препаратах. Кобальт здесь чаще всего выделяется вместе с марганцем и никелем в виде вада, в виде винклерита вместе с никелем, с характерным синеватым отливом и бархатистым черным цветом. Разности, лишенные подобного отлива, вместе с тем показывают малое количество кобальта. Реже встречаются пленки и прожилки черного цвета, в которых кобальт находится вместе с окислами железа, образуя гейбахит.

Форма выделений кобальта, его парагенезис и условия нахождения в нижних горизонтах рудной толщи в понижениях рельефа поверхности карбонатизированных серпентинитов, совершенно определенно характеризуют условия выделения кобальта из растворов его: растворы кобальта и марганца, скорее всего кислые углекислые, накопившиеся в углублениях, попадали в щелочную среду, где в присутствии кислорода и происходило их выпадение в форме окислов (А. А. Смуров, 1938; А. Е. Ферсман, 1933).

5. Миграция марганца в рудной залежи. Халиловские железорудные месторождения относительно бедны марганцем, количество которого в штуфных анализах руд обычно колеблется от следов до 1%. Однако ряд фактов свидетельствует о наличии в залежи участков, содержащих повышенное количество марганца, с одной стороны, и о вторичном возникновении таких участков — с другой. Марганцевые скопления в таких местах иногда характеризуются своей относитель-

ной чистотой от примесей железа, никеля и кобальта, но по большей части содержат примеси окислов железа, или никеля, или кобальта, или всех их вместе.

Действительно, выше уже были указаны условия накопления окислов этих металлов в слоистых рудах, где они часто концентрируются вместе с марганцем в виде тонких прожилков или скоплений. Анализы кусков руд, обогащенных прожилками и скоплениями такого рода, показали, что в них доминирует то никель, то марганец при значительном содержании кобальта, т. е. что они относятся то к ваду, то асболану или винклериту (Кротов, 1939).

Однако в некоторых случаях марганец концентрируется вместе с окислами железа при варьирующем количестве того и другого окисла. Так, на Ново-Петропавловском месторождении в грубослоистых рудах был встречен участок коричневого гидрогетита с содержанием 10% MnO, а в слое бобово-оолитовых руд прожилки сплошного гидрогетита такого же цвета, даже с 24.48% MnO<sub>2</sub>. Мигрирующий вниз марганец достигает иногда подстилающих серпентинитов и выделяется в их поверхностных частях, образуя настоящие рудные корки, в составе которых доминируют железистые минералы (марказит, гематит, магнетит, гидрогетит, турьит), но наблюдается и повышенное количество марганца. Так, например, в описанной выше корке на поверхности серпентинитов Орловского карьера, с кристаллами магнетита в кавернах, в магнетите было определено около 3.75% MnO. Марганцовистые растворы проникают даже в подстилающие карбонатизированные серпентиниты и выделяют содержащиеся в них вещества в щелочной среде, образуя охры гидрогетита, с примесью окислов марганца, никеля и кобальта. Очевидно, что в составе притекавших растворов находились железо, никель, кобальт одновременно, и скорее всего и марганец, в виде кислых углекислых соединений. В щелочной среде все эти вещества выпадали и дали начало гидрогетитовым охрам, которые содержат иногда довольно значительное количество марганца, никеля и кобальта. Из аналогичных по составу растворов, как выше указывалось, выделялись по трещинам в бобово-оолитовых рудах и участками в слоистых гидрогетитовых рудах жилки гидрогетита плотного строения с содержанием значительного количества марганца. Ход процесса выделения марганца и железа вполне отвечает условиям переноса и выделения их, разобранным недавно Behrend (1924), Zapffe (1931), Sovage (1936) и А. А. Смуровым (1938). С. Zapffe указывает, что выделение марганца в таких условиях происходит при  $pH = 7.3 \div 7.5$  в виду осадка  $Mn(OH)_4$  и  $MnO(OH)$ .

Изложенные выше факты с несомненностью свидетельствуют о происходившей перегруппировке вещества в пределах рудной толщи за время существования и об одновременной миграции железа марганца, никеля, кобальта вниз, где они и выделялись, вместе или отдельно, в нижних горизонтах рудной толщи или в подстилающих карбонатизированных серпентинитах. Но на ряду с такой циркуляцией растворов вполне возможен местами и некоторый приток растворов по склону поверхности серпентинитов с повышенных участков этих пород, которые выходили там на поверхность и подвергались выветриванию.

Процессы миграции различных элементов из верхних горизонтов рудной толщи и их выпадение в нижних горизонтах ее или в поверхностных частях карбонатизированных серпентинитов, подстилающих рудные месторождения халиловского типа, чаще в смеси друг с другом, в работе объяснились различным pH среды. Процессы современного выветривания, которому в сравнительно недавнее время предшествовало углубление в палеозойский фундамент русла р. Б. Губерли, размывшей мезо-кайнозойский плащ, содействовали миграции некоторых элементов в кислых растворах из повышенных участков вниз и выпадению их в зоне грунтовых вод.

6. Миграция хрома в коре выветривания серпентинитов и в рудной залежи. Хром в халиловских месторождениях встречается в составе минералов группы хромшпинелидов, которые разбросаны в массе месторождения в составе руд всех типов в виде прослоек или в виде примеси зерен и обломков, изредка кристаллов различных размеров. Очень часто под микроскопом можно наблюдать присутствие зерен их настолько мелких диаметров, что они едва различимы. Обломки хромшпинелидов были отложены на дне водоемов вместе с остальным песчано-глинистым обломочным материалом, получившимся при выветривании серпентинитов. В процессе диагенеза этих осадков и их выветривания хромшпинелиды оказались в виде включения и во всех минералах, слагающих рудные месторождения.

Хромшпинелиды частью совершенно свежие, частью матовые и побуревшие. Эти изменения хромшпинелидов нужно считать результатом выветривания их, но время выветривания остается неизвестным: изменились ли они при выветривании серпентинитов в доюрское время или при выветривании рудной залежи в послейорское время. Анализ рудных и нерудных минералов Халиловских месторождений показывает обычно присутствие некоторого количества хрома, который при перечислении анализов принято отбрасывать, относя его на примесь хромшпинелида. Доказательством правильности такого приема служило наблюдение, что при растворении железных руд в  $\text{HCl}$  оставались в качестве нерастворимого остатка блестящие черные зернышки хромшпинелидов. Однако при производстве анализов П. А. Волковым в 1935 г. было замечено, что на ряду с присутствием нерастворимого в  $\text{HCl}$  хромшпинелида в породах имеются другие хромсодержащие минералы, из которых хром переходит в раствор при нагревании в  $\text{HCl}$ .

Подобное явление давало основание подозревать присутствие в рудной залежи какого-то хромсодержащего минерала, легко разлагающегося при воздействии на него  $\text{HCl}$ , который образовался в рудной залежи во время процесса выветривания ее или при образовании залежи путем осаждения из притекавших вод. Изучение минералов, слагающих залежи, показало, что окись хрома в растворимой форме содержит железистые хлориты, гидрогематиты и гидрогетиты.

Однако с другой стороны в карбонатизированных серпентинитах были микроскопически констатированы явления замещения хромшпинелидов кальцитом с периферии и от трещин, которые выше были описаны. Очевидно, что при этом  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  переходит в раствор.

Таким образом в зоне древнего доюрского выветривания уже происходили процессы разложения хромшпинелидов и миграции хрома. Воды, стекавшие в бассейны юрского времени, приносили сюда растворимую окись хрома. Эти воды, как указывалось выше, впитываясь в рыхлые осадки на дне бассейнов, производили хлоритизацию этих последних. В составе получившихся лептохлоритов на ряду с механической примесью хромшпинелидов и обломков серпентинитов имелась же тогда растворимая в  $\text{HCl}$  окись хрома, как это доказали в 1933 г. исследования Механобра (Пушкина, 1933) и в 1935 г. П. А. Волков (Кротов, 1937). Факт нахождения в железных рудах растворимой в  $\text{HCl}$  окиси хрома заинтересовал в 1936 г. И. И. Гинзбурга, который и поставил ряд опытов для выяснения присутствия ее в разных продуктах выветривания серпентинитов Южного Урала. Эти опыты установили присутствие растворимой в  $\text{HCl}$  окиси хрома в нонtronитах, хромовых байделлитах и др. И. И. Гинзбург (1938) в своей работе приводит сводку минералов из коры выветривания серпентинитов, содержащих в своем составе окись хрома. Наши исследования халиловских железных руд показали постоянное присутствие растворимой в  $\text{HCl}$  окиси хрома в железистых хлоритах, в гидрогематитах и гидрогетитах волокнистого сложения из прожилков и жезд, что указывает на возможность концентрации окиси

хрома также в минералах группы окиси железа. Отсюда ясно вытекает, что растворимая в HCl окись хрома входит в состав различных минералов, выделяющихся первоначально в форме гелей и позднее раскристаллизовывающихся. Эти минералы еще недостаточно изучены.

Присутствие легкорастворимых в HCl хромовых соединений было давно уже замечено в железорудных месторождениях Staten Island, New York, но и там природа их осталась пока не выясненной. Сведения о наличии таких хромовых соединений в них имеются еще в работе St. Hunt (1885, 1891), который сообщил, что в бурых охристых остаточных продуктах от выветривания серпентинитов было найдено 2.81% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, растворимого в HCl, причем сама глинистая руда содержала 59.63% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

7. Миграция гипса и других сульфатов в рудное тело из покрывающих пород юры. Как мы видели выше, юрские алевритовые и псаммитовые отложения хайбуллинской свиты, прикрывающей рудное тело Халиловских месторождений, заключают в себе местами группы кристаллов гипса, а также часто небольшие участки с значительным количеством крупных конкреций марказита, перешедшего в гидрогетит. Присутствие марказита в этих породах указывает на существование при отложении юрских алевритов небольших водоемов с восстановительной средой, в которых периодически происходило выделение марказита. Г. И. Теодорович, изучавший надрудную толщу, считает, что группы кристаллов гипса в юре в главной своей части являются вторичными образованиями, возникшими путем окисления марказита в зоне выветривания. Повидимому, к этому же времени нужно отнести и возникновение корок и почек марказита на поверхности трещин в бобово-оолитовых рудах Орловского месторождения из растворов сернокислого железа вследствие присутствия органических веществ в руде.

В настоящее время в зоне выветривания поверхностные воды, просачиваясь через хайбуллинские осадочные породы, растворяют CaSO<sub>4</sub> и другие растворимые вещества и, достигнув нижележащего рудного тела, осаждают в нем по трещинам, и, особенно, в элювированных участках бобово-оолитовых руд, гипс в виде сильно изогнутых зубьев или параллельно столбчатых агрегатов на нижней поверхности глыб элювия.

В жаркое время года на поверхности стенок Мало-Халиловского и Ново-Киевского карьеров появляются белые выцветы, образованные из тонких волокнистых кристалликов, в виде пуха покрывающих бобово-оолитовые и слоистые руды. Вещество этих выцветов, очевидно, содержит значительное количество воды, так как при сдавливании между пальцами они превращаются в жидкость. Неполный анализ этого вещества был проделан в химической лаборатории Южно-Уральской экспедиции. В навеске 1.5 г растворимых в воде солей оказалось: Ca 0.0139; Mg 0.0797; SO<sub>4</sub> 0.6735 и Cl 0.0126. Нерастворимый остаток 0.2687 (прокаленный). Вода не была определена. Присутствие выделений гипса в элювированной части рудной толщи явно свидетельствует о миграции его из крошащей юрской толщи, где выделения гипса часто встречаются. За миграцию легко растворимых солей сернокислого и хлористого кальция говорит и присутствие во влаге в рудной толще выше перечисленных ионов, которые в жаркое время года высасываются из рудной толщи и образуют выцветы в виде минералов.

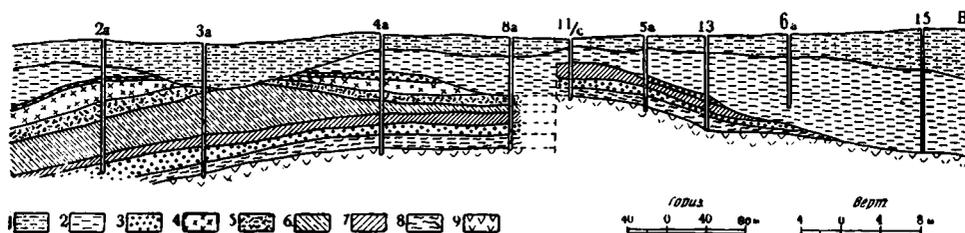
#### Движения земной коры в мезо-кайнозое и их влияние на образование и изменения Халиловских месторождений

П. Л. Безруков и А. Л. Яншин (1934) при разборе условий образования Переволоченского месторождения бокситов пришли к выводу, что Баймакская депрессия «была очень слабо выражена в начале образова-

ния юрской толщи. Она развивалась в процессе накопления последней, в результате длительного и постепенного прогибания синклиналиной зоны, выполняемой юрой». Прогибание синклиналиной зоны сопровождалось поднятием антиклиналиных зон Урал-Тау и Ирландыка. Эти движения привели к накоплению мощных толщ осадков в осевых частях депрессий и создали наклоны слоев юры по их окраинам.

Мнение этих исследователей о существовании «во время юры целого ряда движений земной коры, то более сильных, то более слабых» вполне подтверждается нашими наблюдениями.

Движения земной коры происходили несомненно в период образования месторождений. На это указывает факт присутствия сброса небольшой амплитуды на Промежуточном, на Мало-Халиловском (см. работу Калганова, стр. 278) и на Орловском месторождениях, вследствие чего на последнем крыле выпала часть пластов рудной толщи, присутствующих на опущенном крыле (фиг. 44). Движениями земной коры объясняется также волнистое изгибание пластов рудной толщи по направлению на восток к центру Баймакской депрессии. Они обуславливают далее присутствие среди бобово-оолитовых руд некоторых месторождений галек бобово-оолитовых руд, которые, очевидно, представляют собой результат размыва руд частей месторождений, вышедших на поверхность. Этими дви-



Фиг. 44. Широтный разрез через Орловское месторождение по линии № 1. Составлен А. Л. Яншиным

1—суглинки; 2—серые и темносерые углистые глины; 3—гидрогетит-хлоритовые бобовые руды; 4—глины слабожелезные; 5—глины пестрые; 6—глины песчаные; 7—гидрогетит-хлоритовые глиноземистые руды; 8—гидрогетит-хлоритовые тонкослоистые руды; 9—змеевики.

жениями земной коры нужно объяснить также факт присутствия пропластков и линз бобово-оолитовых руд среди слоистых, наблюдаемое иногда залегание бобовых руд карманами в слоистых рудах.

Однако движения земной коры не прекратились и после образования Халиловских месторождений, а продолжались в течение всего мезозоя и кайнозоя, проявляясь на Южном Урале в крупном и мелком масштабах.

Крупные и длительные движения земной коры вызывали неоднократно наступление моря и размывание покрывающих рудное месторождение юрских толщ, появление на них более молодых отложений, новый выход месторождений на поверхность, новое размывание и выветривание обнажившихся частей месторождений. Но кроме этих крупных региональных движений земной коры происходили более мелкие, локальные движения, не проявляющиеся вне границ Баймакской депрессии и обусловленные продолжающимся опусканием в пределах этой депрессии. Развивающийся постепенно прогиб этой синклинали сопровождался разрывами по ряду параллельных направлений вдоль депрессии, что вызвало появление ряда ступенчатых сбросов, причем часть образовавшихся плит была приподнята и выделяется на ровной степи в виде гряд или валов. На геологических картах, составленных П. Л. Безруковым с А. Л. Яншиным (1934), Г. И. Кириченко (1935) и А. В. Хабако-

вым (1935), некоторые из этих линий сбросов отмечены, другие же были установлены во время разведочных работ самых последних лет. К таковым относятся флексура между северной и южной залежами на Ново-Киевском месторождении и сброс восточнее Ново-Киевского, идущий вдоль лога Жерекля к р. Сухой Губерле выше пос. Трудовик и вдоль р. Сухой Губерли. Здесь уже раньше Г. И. Кириченко допускал возможность объяснения причин возникновения крутого обрыва левого берега р. Сухой Губерли наличием сброса. Имеющаяся здесь гряда палеозоя со всех сторон окружена юрой.

Для большей части этих сбросов устанавливается отчетливо их верхнетретичный возраст, так как в опущенном крыле залегают юрские, а иногда верхнемеловые и третичные отложения.

Тектонические явления несомненно оказали большое влияние на ход выветривания Халиловских железорудных месторождений. Палеозойский фундамент дна и склонов депрессии под влиянием новейших тектонических проявлений оказался во многих местах разломанным на части и в нем возникли зоны дробления. Грунтовые и поверхностные воды нашли более легкие пути проникновения вглубь благодаря разрывам юрской толщи и этим облегчили и ускорили выветривание железорудных месторождений. Раздробленность палеозойского фундамента обусловила возможность стока поверхностных вод по зонам дробления и отдельным трещинам в глубь фундамента и вызвала разломы и оседание силицифицированных серпентинитов, а появление карстообразных понижений в карбонатизированных серпентинитах — миграцию железа, никеля, кобальта и марганца в подстилающие породы; мигрировавшие растворы этих веществ, как указывалось ранее, вызвали возникновение охристых и охристо-кремнистых гидрогетитов с примесью никеля, кобальта и марганца, а также жил и прожилков гидросиликатов никеля. О широком распространении таких явлений в Орско-Халиловском районе, вызывавших в конечном счете образование никелевых месторождений Аккермановского типа и частично проявившихся и в халиловском типе этих месторождений (Айдарбак), можно сделать заключение на основании работ И. И. Гинзбурга и его сотрудников (1938), группы сотрудников ВИМС (Ульянов, Грицаенко и др., 1937) и собственных наблюдений автора.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Я сделал попытку изложить историю возникновения в Халиловском районе железорудных месторождений халиловского типа на основании данных, собранных во время четырехлетнего изучения этих месторождений железорудной группой Института геологических наук Академии Наук. Нельзя не признать, что при разборе различных процессов изменения первоначального месторождения, обусловленных последующими процессами выветривания, не было достаточных данных для того, чтобы приурочить более определенно ход различных процессов выветривания к различным эпохам мезо-кайнозоя, в течение которых район месторождения выходил на поверхность и подвергался выветриванию.

История Урала в мезо-кайнозойское время еще мало изучена, вернее ее еще только начали изучать. В частности недостаточно выявлен и климат и отдельные периоды мезо-кайнозоя.

Так, согласно установившемуся мнению, в начале юры на Южном Урале климат был жаркий с резким чередованием засушливых и ливневых периодов, и палеозойские породы, подвергавшиеся в это время процессам выветривания, давали продукты латеритного характера. С первых шагов изучения Халиловских железорудных месторождений, как я указывал выше, было принято, что состав и строение этих пород являются следствием их образования в качестве остаточных продуктов

при латеритном выветривании. В дальнейшем, когда во всем Орско-Халиловском районе на серпентинизированных перидотитах и других породах палеозойского фундамента было обнаружено присутствие комплекса рыхлых пород с резко выраженным зональным строением, возникновение и этих пород было связано с латеритным выветриванием в самом начале мезозоя, и в литературе утвердилось мнение, что данный рыхлый комплекс является корой выветривания начала мезозоя, которая имеет латеритный профиль.

Произведенные железорудной группой Института геологических наук АН СССР исследования Халиловских железорудных месторождений заставили ее отвергнуть латеритную теорию происхождения этих месторождений. Вместе с тем ознакомление с геологическим строением всего окружающего района и с корой выветривания на палеозойском фундаменте не позволило согласиться со взглядами, проводимыми в работах А. В. Хабакова (1935), А. И. Киселева (1935), Н. Г. Кассина (1938), А. И. Олли (1938), группы сотрудников ВИМС (Ульянов, Грицаенко и др., 1937) и группы коры выветривания ИГН АН во главе с И. И. Гинзбургом (1938) на строение коры выветривания и ее происхождение. Осмотр района горы Айдарбак, Аккермановки, Кемпирсая, Бурановского показывает наличие сходства в составе и строении коры выветривания в этих местах со строением оруденелой коры в районе Халиловских железорудных месторождений и под ними.

В данной работе дается объяснение происхождения верхней зоны этой последней, отличное от взглядов перечисленных исследователей: образование отдельных зон «коры» отнесено к разному времени, причем возникновение самой верхней зоны — «зоны охры» — даже к сравнительно очень недавнему прошлому.

Вероятно после завершения работ группы коры выветривания ИГН АН, которая занимается специально изучением древней коры выветривания Орского района, мы будем иметь полную ясность в вопросе о времени и условиях образования здесь коры выветривания и будем иметь полную картину этапов развития и преобразования ее в разные периоды времени, при разных климатических условиях.

Поэтому, за отсутствием достаточных данных, в настоящее время процессы выветривания Халиловских месторождений, ход которых с течением времени изменялся и переплетался, не удалось привязать к тем шести геологическим эпохам, в течение которых шло выветривание месторождений.

Имеющиеся наблюдения показывают, что за время выветривания эпохи выноса в растворе железа чередовались с эпохами выноса кремнезема и накопления железа.

Вне сомнения стоит вывод, что эти последующие процессы выветривания имели очень важное значение в деле формирования современного месторождения халиловского типа. Месторождения эти в части бобово-оолитовых руд после завершения стадии хлоритизации оформились уже как месторождения железных руд.

Однако наиболее важная часть современного месторождения — слоистые руды, тогда была еще слабо обогащена железом и никелем. Только последующая стадия выветривания диагенетически измененного первичного месторождения, преимущественно в кайнозойе, вызвала вынос части кремнезема и обогащение пород окисью железа в такой мере, что оно приобрело уже вполне определенное промышленное значение. Вместе с тем она обусловила и образование своеобразного халиловского типа железорудных месторождений — хром- и никельсодержащих месторождений гидрогетит-хлоритовых, бобово-оолитовых и слоистых железных руд, озерно-болотного происхождения, хлоритизированных в стадии диагенеза и обогащенных железом в процессе выветривания, причем никель накопился в нижних частях месторождения.

Месторождения халиловского типа, изученные в районе Халилова, являются не единственными представителями месторождений этого типа на Урале. Мы видим, что образование месторождений халиловского типа происходило в бассейнах озерно-болотного характера, которые развились здесь в конце нижней или начале средней юры. Образование этих бассейнов было обусловлено существованием постепенно прогибавшейся депрессивной Баймакской синклиналиной зоны, куда и происходил снос механическим и химическим путем продуктов выветривания.

Но, кроме Баймакской синклиналиной зоны, на Южном Урале в тот же отрезок времени имелся еще целый ряд других синклиналиных зон, в которых также накопились юрские континентальные осадки и в которых местами находятся месторождения бобово-оолитовых железных руд. Некоторые из них, а именно расположенные на серпентинитах или около них, относятся к месторождениям халиловского типа. Такие месторождения известны местами в пределах развития юрских континентальных отложений севернее и южнее г. Орска. К ним очень близки также месторождения бобово-оолитовых руд района Каменского и Режевского районов, залегающие среди континентальных верхнемеловых отложений.

Все это показывает, что на территории Урала в разное время на большом протяжении при одинаковых физико-географических и климатических условиях в зонах депрессий возник целый ряд месторождений того же типа, образование которых было обусловлено эпейрогеническими колебаниями Уральского хребта в те времена.

## II. ОПИСАНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

### ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ХАЛИЛОВСКОГО ТИПА В ОРСКО-ХАЛИЛОВСКОМ РАЙОНЕ

(Б. П. Кротов) \*

В типичном случае Халиловские железорудные месторождения характеризуются прежде всего своим минералогическим составом из гидрогетита и лептохлорита и разрезом, в котором снизу вверх последовательно сменяются три типа руд по строению: 1) слоистых руд, 2) бобово-оолитовых руд и 3) глинистых конгломератовидных бобовых руд. Вторым характерным отличием руд халиловского типа является комплексность их: они являются хромо-никеле-титано-кобальто-марганцовыми рудами, причем особенно характерными и важными примесями считаются в настоящее время хром и никель. Однако, количество хрома и никеля в халиловских рудах подвержено колебаниям, и по сравнению со слоистыми рудами бобово-оолитовые и глинисто-конгломератовые бобовые руды отличаются значительно меньшим содержанием никеля, приблизительно одинаковым количеством хрома и несколько повышенным содержанием титана.

Кроме железорудных месторождений халиловского типа в Орско-Халиловском районе имеются области развития карбонатизированной и силицифицированной коры выветривания серпентинитов, позднее обожженной. Кремнистая охра обнажается иногда на большом пространстве в разных местах Орско-Халиловского района. По своему химическому составу она близка к комплексным железным хромо-никелевым рудам Халиловских месторождений и после окускования могла бы идти в плавку. По содержанию никеля и железа кремнистая охра не уступает комплексным рудам халиловского типа, скорее даже превосходит их. В некоторых местах кремнистая охра подстилает железорудные месторождения халиловского типа. Несмотря на свои высокие качества кремнистая охра до сих пор не нашла применения ни как железная, ни как никелевая руда. В настоящей работе мы остановимся только на закономерностях распределения осадочных гидрогетит-хлоритовых хромо- и никельсодержащих месторождений халиловского типа в Орско-Халиловском районе в пределах Баймакской и Уртазымской депрессий.

В пределах Баймакской депрессии известен целый ряд железорудных месторождений халиловского типа (стр. 8, фиг. 1), из которых часть разведана и изучена, тогда как остальные не разведывались совершенно или подверглись только предварительной разведке. К первой группе относятся месторождения Ново-Петропавловское, Георгиевское, Ново-Киевское, Промежуточное, Мало-Халиловское, Орловское и Аккермановское, ко второй группе — месторождения Ново-Троицкое, Круторожинское, Узенбаевское<sup>1</sup>.

Из этих месторождений Георгиевское, Ново-Киевское, Промежуточное, Мало-Халиловское, Узенбаевское, Аккермановское находятся на

\* ИГН. Выпуск 67. Серия рудных месторождений (№ 6). 1941.

<sup>1</sup> Переволоченское месторождение, сходное по условиям залегания с Халиловскими, в список не внесено в виду отсутствия данных о содержании хрома и никеля.

западной границе области развития юрских отложений в пределах Баймакской депрессии<sup>1</sup> и тянутся вдоль границы полосы серпентинитов, располагаясь таким образом вдоль западного берега Баймакской депрессии. По характеру обломочного материала, примешанного к рудной толще в Ново-Киевском и Промежуточном месторождениях, можно сделать вывод об их образовании вдоль западного берега Баймакской депрессии, так как по направлению на восток мощность покрывающих руду пород постепенно увеличивается. Весьма возможно, что первые четыре месторождения являются частями одного месторождения. Наоборот, Ново-Троицкое и Круторожинское месторождения, а также указанные П. Л. Безруковым и А. Л. Яншиным (1934) глины с бобами между пос. Хусаиновским и Черкасским расположены у восточной границы развития юрских отложений, т. е. вдоль восточного берега Баймакской депрессии, который образован из палеозойских пород. Рудная толща имеет наклон на запад и постепенно скрывается под юрскими отложениями. Совершенно отлично от этих двух групп положение Ново-Петропавловского и Орловского месторождений: они расположены среди области развития мезо-кайнозойских отложений в средней части Баймакской депрессии.

Согласно исследованиям П. Л. Безрукова и А. Л. Яншина (1934) Ново-Петропавловское месторождение расположено у линии меридионального сброса, который тянется на значительное расстояние вдоль депрессии и постепенно затухает на широте Промежуточного месторождения. На геологической карте П. Л. Безрукова и А. Л. Яншина видно, что к западу от линии сброса в районе Петропавловского месторождения выходят третичные отложения, а само месторождение расположено в области развития юры, находящейся здесь в притык с третичными отложениями. Согласно исследованиям Академии Наук рудная зона Ново-Петропавловского месторождения подстилается серпентинитами, покрытыми корой выветривания (нонтронитовая зона), и прикрыта юрскими отложениями, мощность которых увеличивается на восток, в сторону наклона рудного тела. Такой характер залегания совершенно определенно указывает на то, что рудное месторождение залегает на восточном, приподнятом крыле сброса. Когда-то месторождение находилось на дне Баймакской депрессии под мощной толщей юры, мела и третичных отложений, но благодаря сбросу и последующему размыву меловых и третичных отложений оно оказалось на поверхности. Очевидно, западная часть месторождения, находящаяся к западу от линии сброса, залегает и сейчас на дне депрессии.

К югу от Ново-Петропавловского месторождения полоса серпентинитов, покрытых корой выветривания и юрой, тянется довольно далеко. На картах Г. И. Кириченко (1935) и П. Л. Безрукова с А. Л. Яншиным эта линия сброса проходит восточнее пос. Георгиевского и уходит к югу, затухая севернее пос. Ново-Киевского. Восточнее пос. Георгиевского гряда серпентинитов заканчивается крутым обрывом, у подножья которого выходят юрские отложения. Несколько южнее поверхность серпентинитов, покрытых корой выветривания, имеет наклон на запад. Разведка на никель, производившаяся здесь в 1938 г., обнаружила присутствие на этом склоне рудного месторождения халиловского типа, которое уходит на запад под юрские отложения. Возможно, что это восточная часть Георгиевского месторождения, находящегося западнее пос. Георгиевского. Повидимому на продолжении этого сброса находится выход серпентинитов километрах в 2,5 восточнее железнодорожной линии у пос. Ново-Киевского. При изучении Орловского месторождения летом 1936 г. сотрудники Академии Наук нашли, что в средней части

<sup>1</sup> Безруков и Яншин (1934) приурочивали расположение всей группы Халиловских месторождений к западному берегу Баймакской депрессии.

месторождения проходит в меридиональном направлении подземный хребтик серпентинитов, от которого рудное тело падает на запад и на восток. Строения рудной залежи по ту и другую сторону хребтика не увязываются друг с другом; мощность покрывающих юрских отложений увеличивается от хребтика в обе стороны. Эти факты позволяют считать, что серпентинитовый подземный хребтик возник в результате сброса небольшой амплитуды еще в юрское время, одновременно с образованием рудных отложений. Орловский сброс находится на продолжении вышеописанного Ново-Петропавловского сброса.

Второй сброс, проходящий в пределах Баймакской депрессии и описанный уже ранее теми же исследователями, можно назвать Ново-Киевским сбросом, так как он проходит непосредственно восточнее пос. Ново-Киевского и железнодорожной ветки в Ново-Киевское. Ново-Киевское и Промежуточное железорудные месторождения находятся западнее линии сброса. Восточное крыло этого сброса приподнято, и непосредственно у железнодорожной ветки в одном месте на поверхность выходят серпентиниты. Во время разведки на никель здесь в 1938 г. было доказано, что серпентиниты взброшены и надвинуты отчасти на юру, так как ряд дудок прошел серпентиниты и встретил ниже юру. В одной из дудок были встречены глыбы железной руды под юрой, но во вторичном залегании.

Кроме двух описанных сбросов, проходящих восточнее поселков Ново-Петропавловского, Георгиевского и Ново-Киевского, в пределах той же Баймакской депрессии имеется еще один сброс, проходящий восточнее двух первых. Сброс этот в виде вертикального обрыва серпентинитовой гряды, выступающей на поверхность в районе верховьев лога Жерекля, притока р. Сухой Губерли, и на правом берегу р. Сухой Губерли выше пос. Трудовик, протягивается почти меридионально и примыкает к обрывистому левому берегу р. Сухой Губерли, образованному здесь силурийско-девонской свитой.

По мнению Г. И. Кириченко полоса палеозойских пород, тянущаяся вдоль левого берега в нижнем течении р. Сухой Губерли и оканчивающаяся крутым обрывом к этой речке, низкий правый берег которой сложен юрскими отложениями, появилась также в результате сброса. Эта полоса палеозоя находится в средней части Баймакской депрессии и окружена юрскими породами со всех сторон. Железорудные месторождения в этом районе еще не обнаружены, но строение района дает основание ожидать здесь присутствие под юрой месторождений халиловского типа. Отсюда видно, что в средней части Баймакской депрессии, выполненной юрскими, меловыми и частью третичными породами, имеется также ряд месторождений, приуроченных к взбросам, выведшим на поверхность серпентиниты, покрытые корой выветривания, с залегающими на них рудными месторождениями халиловского типа.

В итоге мы приходим к выводу, что в пределах Баймакской депрессии железорудные месторождения халиловского типа располагаются вдоль западного и восточного берегов этой депрессии и в средней части ее в тех местах, где тектонические разрывы, происшедшие в более позднее время, вывели на поверхность подстилающие серпентиниты с залегающими на них рудными залежами. Баймакская депрессия, однако, не оканчивается на широте р. Урала, но продолжается и далее к югу узкой полосой вдоль меридиана  $58^{\circ}30'$ . Она выполнена здесь на севере юрскими, а южнее меловыми отложениями.

Уртазымской депрессией была названа синклиналиная зона, проходящая восточнее Ирндыкской антиклинальной зоны, севернее параллели г. Орска. По своему геологическому строению она совершенно аналогична Баймакской синклиналиной зоне. Уртазымская синклиналиная точно так же подверглась постепенному прогибу в течение мезо-кайнозоя и, аналогично Баймакской, также была выполнена юрскими конти-

ментальными осадками. Сюда сносились продукты выветривания с соседних повышенных мест района, которые были покрыты в то время корой выветривания; кое-где здесь существовали также и озерные бассейны. В Уртазымской депрессии (непосредственно севернее г. Орска) юрские отложения, залегающие на породах девона и карбона, не составляют сплошного покрова на поверхности палеозоя. Они разрезаны на ряд отдельных лоскутков долинами многочисленных рек, протекающих в пределах этой части депрессии. Западный и восточный берега Уртазымской депрессии образованы силурийско-девонскими отложениями, которые на восточном берегу депрессии заключают в себе небольшие интрузии серпентинизированных перидотитов.

В основании юрских отложений северной части Уртазымской депрессии в нескольких местах известны месторождения бобово-оолитовых руд халиловского типа, находящиеся вблизи выходов серпентинитов. Сюда относится месторождение в 8—9 км к юго-востоку от ст. Ново-Орской (Яшкина Мельница), где руда залегаёт на известняках карбона, далее месторождение в 8—9 км к западу от ст. Ново-Орской по левому берегу р. Урала и месторождения к востоку от пос. Севастопольского, указанные в сборнике «Халиловские недра зовут» (1931). Поиски новых месторождений того же типа можно ставить в аналогичных местах в пределах депрессии. Все эти месторождения расположены вдоль восточного берега Уртазымской депрессии и недалеко от выходов серпентинитов. Кроме того А. Л. Яншин (1934) указывает здесь несколько выходов глин с бобами у западного берега депрессии, которые по его данным не имеют промышленного характера.

Таким образом в пределах Баймакской и Уртазымской депрессий месторождения бобово-оолитовых руд халиловского типа распределены совершенно аналогично и подчинены одной и той же закономерности: месторождения расположены вдоль древних берегов этих депрессий и вдоль линий сбросов, рассекающих депрессию, в тех местах, где берега депрессий образованы ультраосновными породами.

Однако, в виду неполноты имеющихся данных об отдельных месторождениях бобово-оолитовых руд, отмеченных различными исследователями в пределах Баймакской и Уртазымской депрессий, пока еще нельзя говорить о полном родстве всех перечисленных в этой работе месторождений с типичными месторождениями халиловского типа. В имеющихся в литературе данных отмечается обычно присутствие в известной точке бобовых руд, но не приводится сведений о наличии или об отсутствии здесь слоистых или глинистых конгломератовидных бобовых руд. Во-вторых, в имеющихся в литературе данных обычно отмечается содержание железа, но не всегда приводятся данные о наличии хрома и никеля, присутствие которых характерно для месторождений халиловского типа комплексных руд. Поэтому в настоящей статье, в случае нахождения в пределах Баймакской и Уртазымской депрессий бобовых руд под юрскими отложениями, до детального химического их изучения приходится говорить только о сходстве тех или иных руд с халиловскими по общему характеру, но не о полной аналогии.

Эти выводы позволяют нам дать следующие геологические обоснования постановки поисков новых месторождений халиловского типа в пределах Баймакской депрессии к северу от р. Урала. Новые месторождения того же типа можно искать вдоль западного и восточного берегов этой депрессии в местах, где они образованы из серпентинитов и где они еще прикрыты юрскими отложениями, предохранявшими эти месторождения от более поздних размывов. Правда, в пределах Ново-Киевского и Орловского месторождений мы знаем места, где рудная толща подверглась частичному размыву до отложения юрских осадков. Но эти размывы, повидимому, не имели широкого развития.

Кроме того, поиски новых месторождений можно ставить у линий сбросов под покровом юрских отложений. Летом 1938 г. на этом основании были поставлены поиски железорудного месторождения на западном склоне серпентинитового гребня к востоку от пос. Георгиевского, и эти поиски увенчались успехом.

Железорудные месторождения халиловского типа на Южном Урале встречаются не только в пределах Баймакской и Уртазымской депрессий, они попадают и в депрессиях, находящихся на продолжении последних к югу, тянущихся до Мугоджар и южнее. Строение этих депрессий совершенно аналогично и на берегах их встречаются иногда выходы серпентинитов. Следовательно в аналогичных условиях на продолжении Баймакской и Уртазымской депрессий можно ставить поиски новых месторождений халиловского типа.

Но, кроме депрессий в синклинальных зонах, континентальные отложения юрского возраста встречаются в некоторых местах и в пределах зон с антиклинальным строением. Так, например, на Кемпирсайском перидотитовом массиве в восточной его части, в районе Батамшинского никелевого месторождения, имеются россыпи бобов, которые переходят местами в нормальные бобовые руды. Эти бобовые руды, повидимому, образовались в мелких депрессиях поверхности серпентинизированных перидотитов в антиклинальной зоне, являющейся продолжением Урал-Тауской антиклинальной зоны.

В итоге мы приходим к выводу, что поиски новых месторождений халиловского типа нужно ставить в Южном Урале как в синклинальных, так и антиклинальных зонах в тех местах, где встречаются юрские континентальные отложения, прикрывающие перидотиты и серпентиниты. Месторождения халиловского типа можно рассчитывать обнаружить не только в Баймакской и Уртазымской синклинальных зонах и на их продолжениях к югу, но и в других синклинальных зонах, протягивающихся восточнее и западнее их в тех местах, где в строении этих зон принимают участие серпентинизированные перидотиты и где эти породы прикрыты юрскими континентальными отложениями. Поиски в такого рода местах нужно считать более перспективными, чем поиски месторождений халиловского типа в антиклинальных зонах Южного Урала, где серпентинизированные перидотиты прикрыты юрскими континентальными отложениями. Здесь повидимому можно рассчитывать встретить только более мелкие месторождения.

Геологическое обоснование постановки поисков железорудных месторождений халиловского типа в областях развития юрских континентальных отложений заключается в следующем.

Континентальные отложения конца нижней или начала средней юры на Урале возникли при одинаковых физико-географических и климатических условиях в депрессиях, в которых в то время существовали бассейны озерно-болотного характера. В этих бассейнах в виде прибрежной и лагунной фаций отлагались механические и химические осадки, которые в стадии диагенеза превратились в железорудные месторождения халиловского типа. Депрессивные участки на Урале в конце нижней или начале средней юры возникали при погружении хребта, как следствие эпейрогенических движений, одновременно на большом протяжении вдоль Урала. К тому же отрезку времени относилось и возникновение бассейнов озерно-болотного характера в них и связанных с ними месторождений бобово-оолитовых руд. На условия образования бобовых руд в разных местах восточного склона Урала вследствие погружения Урала в конце нижней юры было указано мною ранее (1937). В настоящее время необходимо только отметить, что из этих бобово-оолитовых руд к месторождениям халиловского типа относятся те, которые образовались на серпентинитах или вблизи областей их развития.

# 1. НОВО-ПЕТРОПАВЛОВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

(В. Е. Яглова) \*

## Введение

Ново-Петропавловское железорудное месторождение разведывалось И. Л. Рудницким в 1929—1931 гг. Проведена документация выработок, даны разрезы по линиям, но материал не обработан, и описание месторождения не составлено. Г. И. Кириченко в 1934 г. провел геологическую съемку планшета М—40—21—А в масштабе 1 : 50000 и в 1935 г. дал геологическое описание планшета, куда входит район Ново-Петропавловского месторождения. В 1937 г. Ново-Петропавловское месторождение изучалось отрядом Южно-Уральской экспедиции Академии Наук СССР. Работы отряда возглавляла С. Д. Левина, мне же пришлось участвовать в них в качестве старшего коллектора, а в камеральный период взять на себя всю обработку материала. В 1938 г. на Ново-Петропавловском месторождении мной были проведены дополнительные работы: уточнена геологическая карта района месторождения (на основании дудок, пройденных при разведке на никель) и проведено опробование по типам руд.

В виду плохой обнаженности главный материал для изучения района месторождения и составления его геологической карты дали разведочные выработки, пройденные разведкой 1929—1931 гг., а также и отрядом Южно-Уральской экспедиции Академии Наук СССР в 1937 г.

## Местоположение и орогидрография

Ново-Петропавловское железорудное месторождение находится в 30 км от ст. Халилово, в 3 км к северо-востоку от Ново-Петропавловского поселка, на водоразделе рр. Усайки и Туратки. Р. Усайка, на берегу которой расположен Ново-Петропавловский поселок, течет к югу от месторождения и у пос. Старо-Халилово впадает в р. Б. Губерля. Географические координаты месторождения:  $51^{\circ}39'$ — $51^{\circ}42'$  с. ш. и  $58^{\circ}11'$ — $58^{\circ}13'$  в. д. (от Гринвича).

Район Ново-Петропавловского месторождения представляет собой степь с пологими, мягкими формами рельефа, особенно на водоразделе рр. Усайки и Туратки, сложенной толщей юрских отложений. К западу и к северу, по направлению к водным артериям района, появляется сеть овражков и близ них рельеф приобретает характер мелкосопочника, где иногда встречаются выходы коренных пород. Абсолютные отметки колеблются от 394 до 413 м.

Водными запасами район месторождения довольно беден. Древесная растительность почти отсутствует, лишь на северном участке месторождения имеется небольшой кустарник.

## Краткий геологический очерк района месторождения

В геологическом строении района Ново-Петропавловского месторождения принимают участие палеозойские и мезо-кайнозойские породы.

Палеозойские породы представлены серпентинитами, кремнистыми сланцами и эффузивными породами, покрытыми древней корой выветривания, которая имеет здесь широкое развитие и достигает 20—25 м мощности, почти повсеместно скрывая неизменные породы палеозоя. Мезо-кайнозойские отложения представлены юрскими, меловыми, третичными и четвертичными отложениями. Юрские отложения слагаются алевроитовыми глинами, песками и галечниками. Меловые породы мааст-

\* ИГН. Выпуск 67. Серия рудных месторождений (№ 6) 1941.

рихта выражены мергелями и известково-кремнистыми породами. Третичные отложения представлены морскими опоками, глауконитовыми песчаниками и континентальными глинами. Четвертичные породы состоят из бурых суглинков.

## Палеозойские породы

Эффузивные породы имеют весьма ограниченное распространение: они встречаются в южной части месторождения под корой выветривания мощностью 30—40 м и отложениями юры. Г. И. Кириченко на основании микроскопического изучения условно относит эффузивные породы, встречающиеся в Ново-Петропавловском районе, к ирендыкской свите, возраст которой определяется, как верхнесилурийский—нижнедевонский ( $S_2D_1^M$ ). Нами эти породы встречены не были ни в горных выработках (дудках), ни в отвалах. Породы коры выветривания, наблюдавшиеся нами в отвалах, настолько сильно изменены — каолинизированы, хлоритизированы, что на основании макроскопических и микроскопических исследований этих продуктов изменения весьма трудно установить первоначальный их состав. Поэтому мы условно будем называть их эффузивными породами. Подробное описание коры выветривания эффузивных пород будет приведено ниже.

Кремнистые сланцы в районе месторождения имеют незначительное распространение. Местами они выходят на дневную поверхность, местами скрываются под континентальными отложениями юры.

Кремнистые сланцы выходят в южной части месторождения в виде меридионально вытянутой полосы и уходят на восток, под отложения юрского возраста. Иногда они обнажаются среди юрских отложений в виде полос, перемежающихся с выходами серпентинита. В северной части месторождения имеются небольшие выходы кремнистых сланцев к востоку и к западу от юрского покрова.

Кремнистые сланцы макроскопически представляют собой плотные, очень крепкие грубосланцеватые породы, окрашенные в светло- или темносерый, а иногда и желтоватый цвет от присутствия гидроокислов железа.

Под микроскопом порода в главной своей массе сложена микрозернистым агрегатом кварца, среди которого нередко выделяются прожилки и небольшие скопления крупнозернистого кварца с волнистым погасанием. В незначительном количестве в породе встречаются сферолиты халцедона и изотропный железистый хлорит; последний, проникая по трещинкам, иногда образует неправильные выделения в массе породы.

Серпентиниты имеют довольно широкое распространение, слагая северную и центральную часть месторождения. Они в большей части прикрыты мезо-кайнозойскими породами и лишь местами в ложках и повышенных частях современного рельефа выходят на дневную поверхность непосредственно или под чехлом четвертичных суглинков.

Малоизмененные серпентиниты в Ново-Петропавловском месторождении встречаются редко, все они до некоторой степени изменены выветриванием: карбонатизированы, силицифицированы. По данным Г. И. Кириченко (1935) в районе встречаются перидотитовые и дунитовые серпентиниты. — «Наиболее распространены перидотитовые серпентиниты, макроскопически отличающиеся присутствием золотистых псевдоморфоз бастиа. В меньшей степени распространены темные разновидности серпентинитов, лишенные этих псевдоморфоз или с малым количеством их. Можно думать, что эти темные разновидности произошли за счет дунитов, или богатых оливином перидотитов».

Н. К. Разумовский и А. В. Хабаков серпентиниты Южного Урала относят к верхнепалеозойскому возрасту. Г. И. Кириченко (1935) на

основании находок в серпентинитах ксенолитов или остатков кровли, представленных известняками с визейской фауной, условно относит серпентиниты к каменноугольному возрасту.

### Древняя кора выветривания

Широко распространенная в Ново-Петропавловском районе кора выветривания сохранилась как на серпентинитах, так и на эффузивных породах и кремнистых сланцах.

Кора выветривания эффузивных пород была встречена в пределах южного Ново-Петропавловского участка по линии 1 (фиг. 1). Кора выветривания этих пород очень мощна; некоторые выработки, пробитые на глубину 24 м, до свежих пород не дошли.

Наиболее полный разрез коры выветривания эффузивных пород представлен в дудке За по линии 1. Здесь можно выделить (сверху вниз) две зоны: 1) каолинитовую и 2) хлоритовую.

Каолинитовая зона макроскопически представляет собой плотную, местами вязкую, неравномерно пятнисто окрашенную породу. Мощность этой зоны примерно 4 м. В верхних горизонтах порода окрашена в желтовато-белый цвет, к низу появляются мелкие и более крупные неправильной формы лиловато-красные пятна (повидимому, окрашены гидроокислами железа). Местами порода разбита трещинами, и по трещинкам наблюдаются бурые окислы железа и иногда дендритовидные налеты марганца. Иногда в этой зоне встречаются натечные формы гидротетита.

Под микроскопом порода довольно однородна и представляет агрегат мелких, реже более крупных чешуек каолинита, который изредка образует сферолиты. В виду того, что чешуйки каолинита очень мелки, нам удалось определить только средний показатель преломления  $N_m = 1.57$ , что вполне отвечает каолиниту.

Хлорит имеет желтовато-бурый цвет со слабо проявленной анизотропией; в породе он местами встречается в довольно большом количестве в виде мелких чешуек или неправильных выделений; довольно часто хлорит, проникая по трещинкам породы, замещает каолинит.

Химический состав каолинитовой зоны (обр. 9, д. За, л. 1)<sup>1</sup> с пересчетом на минералогический состав дан в табл. 1.

Химический состав каолинитовой зоны

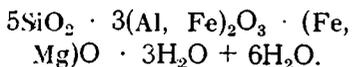
Таблица 1

Компоненты	Весов. %	Молек. колич.	Каолинит	Хлорит	Гидроокислы железа	Кварц	Остаток
SiO <sub>2</sub> . . . . .	42.44	707	600	100	—	7	—
TiO <sub>2</sub> . . . . .	1.93	24	—	—	—	—	24
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	34.95	342	300	42	—	—	—
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	5.18	32	—	18	14	—	—
FeO . . . . .	0.05	1	—	1	—	—	—
MnO . . . . .	следы	—	—	—	—	—	—
CaO . . . . .	0.95	16	—	—	—	—	16
MgO . . . . .	0.55	13	—	13	—	—	—
NiO . . . . .	0.00	—	—	—	—	—	—
CoO . . . . .	0.00	—	—	—	—	—	—
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	следы	—	—	—	—	—	—
H <sub>2</sub> O + . . . . .	12.00	660	600	60	—	—	—
H <sub>2</sub> O — . . . . .	2.42	—	—	—	—	—	—
Сумма . . . . .	100.47	—	—	—	—	—	—

Химическая лаборатория ИГН АН СССР, аналитик В. Н. Малышева.

<sup>1</sup> Здесь и в дальнейшем такое сокращенное выражение обозначает № образца (обр.), дудки (д.) и разведочной линии (л.).

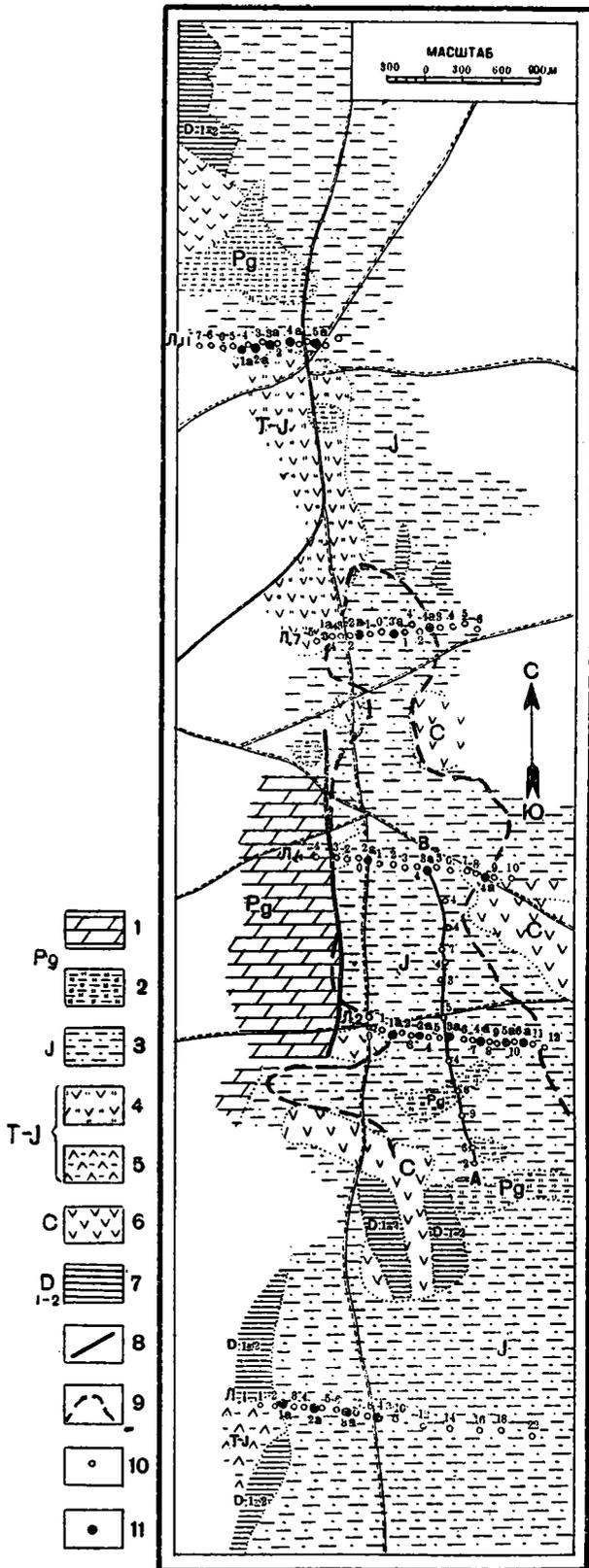
Главную массу породы (77%) составляет каолинит  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ , бурого хлорита содержит 18% и в виде незначительных примесей встречаются гидрокислы железа, кварц, окись титана и кальция. Хлорит здесь является одной из разновидностей железистых хлоритов, которые в рудной толще имеют широкое распространение. Для пересчета была принята следующая формула:



Хлоритовая зона на участке имеет довольно широкое распространение. Она встречается почти во всех нами пробитых дудках по линии № 1. Мощность ее 4—6 м. В верхних горизонтах хлоритовая зона пятнисто окрашена. Ее основной тон — серовато-зеленый; по нему разбросаны бурые пятнышки. В нижних горизонтах пятна исчезают, и порода принимает более ровную зеленовато-бурую окраску.

Фиг. 1. Геологическая карта Ново-Петропавловского железорудного месторождения. 1937 г. Составлена С. Д. Левиной и В. Е. Ягановой.

1—палеогеновые глауконитовые песчаники, опоки; 2—палеогеновые глины; 3—юрские пески, глины, галечники, железные руды; 4—древняя кора выветривания серпентинитов; 5—древняя кора выветривания эффузивных пород; 6—серпентиниты; 7—кремнистые сланцы; 8—линия сброса; 9—граница рудного тела; 10—дудки, пройденные разведкой 1929—31 гг.; 11—дудки, пройденные Акад. Наук



Крепость породы неравномерная. Довольно часто встречаются зеркала скольжения.

Под микроскопом порода состоит из хлорита, бурых окислов железа и небольшого количества каолинита и зерен кварца.

Хлорит в породе составляет главную массу породы, имеет грязно-зеленый, реже бурый цвет, скрытокристаллическое строение. В некоторых участках хлорит представляет мелкочешуйчатый агрегат с сохранившимся строением каолинита. Порода, повидимому, первоначально представляла собой каолиновую зону, которая впоследствии замести-лась хлоритом. У грязно-зеленого хлорита  $N_m=1.55$ , у бурого  $N_m=1.56$ .

Каолинит в породе встречается в виде мелких чешуек, местами образует скопления.

Бурые окислы железа проникают по трещинкам, местами замещая хлорит и каолинит.

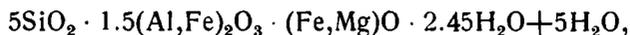
Химический состав и пересчеты на минералогический состав (обр. 16, д. За, л. 1) табл. 2.

Таблица 2

Химический состав хлоритовой зоны

Компоненты	Весов. %	Молек. колич.	Каолинит	Хлорит	Кварц	Окислы железа	Остаток
SiO <sub>2</sub> . . . . .	45.13	752	200	500	52	—	—
TiO <sub>2</sub> . . . . .	1.16	14	—	—	—	—	14
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	20.76	203	100	100	—	—	3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	10.20	63	—	50	—	13	—
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	следы	—	—	—	—	—	—
FeO . . . . .	0.06	1	—	1	—	—	—
MnO . . . . .	следы	—	—	—	—	—	—
CaO . . . . .	1.01	18	—	—	—	—	18
MgO . . . . .	3.66	91	—	91	—	—	—
NiO . . . . .	00.0	—	—	—	—	—	—
CoO . . . . .	0.00	—	—	—	—	—	—
H <sub>2</sub> O + . . . . .	8.02	445	200	245	—	—	—
H <sub>2</sub> O — . . . . .	9.04	500	—	500	—	—	—
Сумма . . . . .	99.04	—	—	—	—	—	—

Пересчет показывает, что главную массу породы слагает хлорит — 71% с примерной формулой:



23% — каолинита, остальное — примеси: кварц, окислы железа, титан и кальцит.

Кора выветривания кремнистых сланцев была встречена близ южного окончания центральной залежи в дудке № 2 на меридиональной линии разреза АВ. Микроскопически она представляет собой рыхлую серовато-бурюю массу, сложенную главным образом песчаным и в меньшей доле глинистым материалом. Местами в этой массе сохранились более плотные участки мало измененного сланца и марганцевистые стяжения.

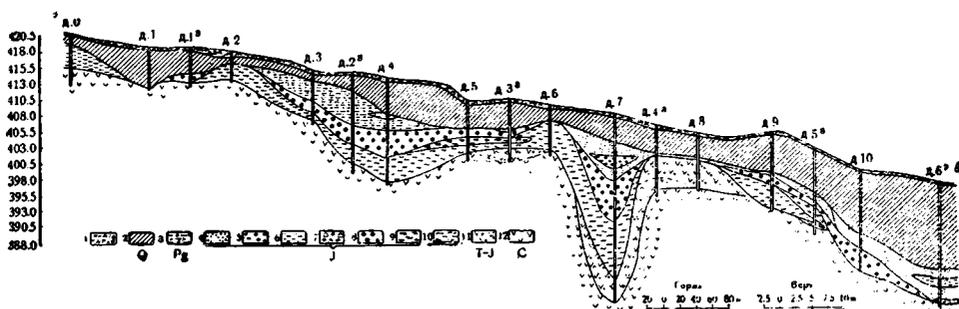
Под микроскопом главная масса породы сложена бесцветным кремнисто-глинистым материалом, который местами бурыми окислами железа окрашен в желтовато-буроватый цвет. Среди этой массы равномерно разбросаны чешуйки гидрослюды и мелкие зерна кварца. Нередко выделяются крупные зерна кварца неправильной округлой формы, образующие большей или меньшей величины скопления. Бурые окислы же-

леза наблюдаются в виде мелких выделений, которые иногда образуют неправильные скопления.

Кора выветривания серпентинитов встречается почти на всей площади месторождения и, как всюду в Халиловском районе, имеет зональное строение.

На Ново-Петропавловском месторождении нами не встречены верхняя зона, зона охр, и отложения магнетитов в малоизмененных серпентинитах в основании коры выветривания. Здесь особенно широко развита охристо-нонтронитовая зона, значительно меньшим распространением пользуются карбонатизированные и силифицированные серпентиниты, которые обычно встречаются в одном горизонте. На северном участке Ново-Петропавловского месторождения, где кора выветривания серпентинитов была вскрыта в 1938 г. разведочной партией на никель, развита главным образом нонтронитовая зона, мощность которой местами доходит до 5 м.

Кора выветривания серпентинитов обычно прикрыта мощным слоем мезо-кайнозойских пород и лишь в северной части месторождения прикрывается только четвертичными отложениями, а местами выходит на дневную поверхность. Необходимо отметить, что в нашем районе все



Фиг. 2. Ново-Петропавловское железорудное месторождение. Разрез по линии № 26. 1—почвенно-растительный слой; 2—суглинок; 3—глина; 4—песок; 5—галечник; 6—глина; 7—конгломератный песчаник с гидрогетитовыми бобами; 8—руда бово-оолитовая; 9—руда грубослоистая; 10—руда тонкослоистая; 11—древняя кора выветривания серпентинитов; 12—серпентиниты.

три горизонта в одном разрезе не наблюдаются; в одних участках отсутствует охристо-нонтронитовая зона, и железные руды лежат на силифицированных серпентинитах, в других отсутствуют эти последние, и руды залегают на карбонатизированных серпентинитах. Наиболее полный разрез коры выветривания серпентинитов наблюдается по линии 26, в дудке 3а (фиг. 2). Здесь под тонкослоистыми гидрогетит-хлоритовыми рудами лежит охристо-нонтронитовая зона (видимая мощность 2 м), которая переходит в зону карбонатизированных и силифицированных серпентинитов.

Силифицированные серпентиниты макроскопически имеют зеленовато-серый или зеленовато-бурый цвет. Они очень плотные и крепкие, довольно часто разбиты трещинами, в которых местами наблюдаются кварц, опал, гидроокислы железа или налеты окислов марганца. Нередко в серпентинитах имеются пустотки с мелкими кристалликами кварца. В некоторых участках серпентиниты рассланцованы и по плоскостям сланцеватости опализованы.

Под микроскопом породы состоят из серпентина, кремнезема (опал, халцедон, кварц), в небольшом количестве присутствуют гидрогетит, хромшпинелиды, магнетит. Главную массу породы составляет хризотилловый серпентин, который местами слегка нонтронитизирован. Сетчатое строение серпентина очень хорошо наблюдается. Иногда преобладает хал-

цедон в виде сферолитов, местами имеющих радиально-лучистое строение (фиг. 3). Окислами железа халцедон бывает окрашен в светложелтоватый цвет. Кварц выполняет трещинки или замещает участки породы в виде мелких округлых зерен с мозаичным и волнистым погасанием. Опал в некоторых шлифах имеется в довольно большом количестве, он темнозеленого или светлозеленоватого цвета. Имеются участки, где в центре сферолита халцедона сохранился опал, а местами халцедон окаймляется опалом. Магнетит в серпентинитах распределен равномерно в виде мельчайших округлых зерен, лишь иногда образует небольшие скопления. Гидрогетит образует мелкие выделения или тончайшие прожилочки, имеет скрыто-кристаллическое строение. Местами он замещает карбонат. Хромшпинелиды встречаются в виде отдельных зерен, очень редко образуют небольшие скопления.



Фиг. 3. Шнурочки серпентина и сферолиты халцедона,  $\times 50$ .  
Николи +

Карбонатизированные серпентиниты макроскопически имеют светлый или темнозеленоватый цвет. Местами они представляют очень крепкую и довольно плотную породу, местами же легко рассыпаются при ударе. Серпентиниты разбиты трещинами, которые иногда заполнены карбонатом и гидроокислами железа. Наблюдаются зерна бастита.

Под микроскопом порода состоит из хризотила, карбоната, гидрогетита и магнетита. Преобладает то хризотил, то карбонат. Кальцит встречается в виде тонких прожилков, реже в виде отдельных округлых с неправильными очертаниями зерен, которые местами образуют небольшие участки, замещая серпентин. Гидрогетит выполняет тончайшие трещинки, местами образует небольшие участки. Магнетит встречается в незначительном количестве в виде мельчайших зернышек.

Охристо-нонтронитовая зона коры выветривания серпентинитов представляет рыхлую массу желто-бурого или светлозеленого цвета, местами с черными марганцевистыми окислами. Нередко в охристо-нонтронитовой зоне встречаются крупные куски (до 0.2 — 0.5 м) оруденелого силицифицированного серпентинита. Иногда серпентинит в раз-

ведочных выработках обнажается довольно большими глыбами и среди них охристо-нонтронитовая зона залегает участками или в виде небольших карманов. В верхних частях она обыкновенно слегка обохрена, книзу становится более плотной и приобретает темнозеленый цвет. Границы ее как верхние, так и нижние, неровные, лишь очень редко наблюдаются постепенные переходы. В этой зоне довольно часты плоскости скольжения.

Под микроскопом главную массу породы слагают нонтронит и гидроокислы железа, в незначительном количестве присутствуют магнетит и остатки серпентина. Нонтронит светлозеленого или буровато-зеленого цвета встречается в виде тонких параллельных шнурочков, реже в виде мелких чешуек. Иногда порода сильно обохрена и захватывает довольно большие участки, иногда бурые гидроокислы железа замещают отдельные шнурочки.

В некоторых участках месторождения верхние горизонты коры выветривания серпентинитов почти полностью замещены — с сохранением сетчатой текстуры серпентинита — гидрогетитом, макроскопически пред-

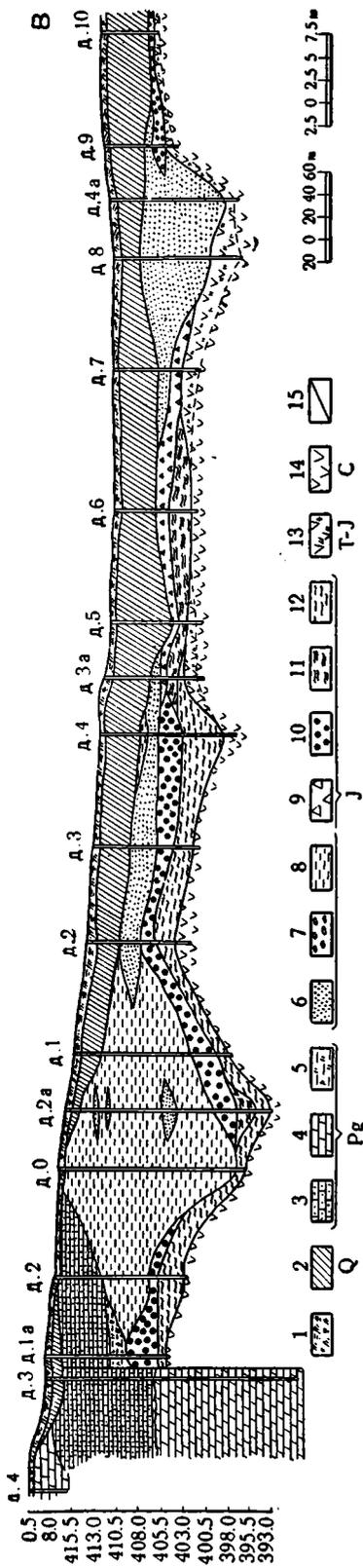


Фиг. 4. Гидрогетит (черный) замещает серпентин (серый),  $\times 20$ . Николи ||

ставляющим собой очень плотную и крепкую породу коричневато-бурого или черно-коричневого цвета. Серпентинит (ранее был силицифицирован) кавернозный; в пустотах часто образуются натечные формы гидрогетита в виде мелких сталактитов, встречаются также мелкие скопления карбоната и тонкие кремнистые корочки. Серпентинит пронизан прожилками плотного гидрогетита.

Микроскопически породу слагают гидрогетит, гидрогематит, карбонат, и в незначительном количестве встречаются остатки серпентина. Гидрогетит темнокоричневого цвета образует прожилки или сплошные участки, замещая серпентин (фиг. 4). Гидрогематит темнокрасного цвета встречается в виде мелких неправильных выделений. Карбонат выделяется в виде тонких секущих прожилков местами образует скопления, замещающая серпентин с сохранением структуры последнего. В полевой лаборатории ИГН АН СССР был произведен неполный химический анализ оруденелого серпентинита, обнаруживший бесспорно промышленное содержание окиси железа ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  73%) и никеля ( $\text{NiO}$  2%).

## Мезо-кайнозойские породы



Фиг. 5. Ново-Петропавловское железорудное месторождение. Разрез по линии 4.

1—почвенно-растительный слой; 2—суглинок; 3—песчаник глауконитовый; 4—опок; 5—глина; 6—песок; 7—галечник; 8—глина; 9—рудный делювий; 10—руда бобово-оолитовая; 11—руда грубослонистая; 12—руда тонкослонистая; 13—древняя кора выветривания серпентинитов; 14—серпентинит; 15—линия сброса.

Юрские отложения. Наиболее древние, юрские континентальные отложения мезо-кайнозой, к которым относятся также железные руды, залегают на неровно размытой поверхности различных зон коры выветривания серпентинитов и эффузивных пород. Железные руды в восточной части месторождения местами замещаются конгломератовидными песчаниками с гидрогетитовыми бобами и оруденелыми глинами.

Юрские отложения занимают на Ново-Петропавловском месторождении почти всю восточную и центральную часть месторождения. Они отличаются большой пестротой состава и отсутствием выдержанного разреза. Представлены они главным образом алевритовыми глинами, алевритами, песками и полимиктовыми галечниками, реже встречаются конгломераты и слюдисто-кварцевые железистые песчаники. Окраска их весьма разнообразна: серая, желтая, буровато-серая и розовая. Среди юрских глин нередко встречаются линзочки серовато-черных глин, содержащие мелкие обугленные остатки растений.

Весьма характерно для юрских отложений присутствие в их составе довольно крупночешуйчатого слюдистого материала и глин с железистыми бобами.

Меловые отложения в пределах рудного участка отсутствуют.

Третичные отложения в районе месторождения представлены двумя типами: а) морскими (палеоцен) и б) континентальными отложениями.

Морские третичные отложения распространены в западной части исследованного нами района, главным образом к западу от линии сброса, но незначительные языки морского палеогена имеются и к востоку от сбросовой линии (фиг. 5). Они представлены толщей белых или желтовато-белых опок, опоконидными

или зеленовато-сероватыми глауконитовыми песчаниками, часто с обильной фауной пелеципод: *Meretrix nitidula* Zam. и *Meretrix ovalina* Desh.

По линии 4 дудкой 1а (фиг. 5) были пересечены палеогеновые песчаники, которые ложатся непосредственно на рудную толщу, что указывает на явления размыва, имевшие здесь место на границе (или во время) верхнего мела и палеоцена.

Под микроскопом эти породы образованы из зерен кварца, глауконита и редко полевого шпата, причем в одних случаях вся эта масса цементируется аморфным кремнеземом с незначительным количеством глинистого вещества, в других цементом является глинистое вещество и чешуйки серицита.

Континентальные третичные отложения встречаются в Ново-Петропавловском месторождении в виде неправильных пятен по всей площади района. Непосредственно в районе месторождения встречаются преимущественно красные, вязкие, тонко отмученные глины с зеленоватыми восковидными включениями. Глины содержат округлую и угловато-окатанную гальку кремнистых пород и куски слюдисто-кварцевых песчаников. В дудке 6 по линии 5 они лежат на пласте палеогеновых опок и песчаников и покрыты бурыми четвертичными суглинками. В других местах, как, например, в дудке 2 на меридиональной линии разреза, третичные континентальные отложения представлены серыми глинами с ржаво-бурыми пятнами. Здесь они содержат крупный щебень третичных глауконитовых песчаников и кусочки гипса. Континентальные, третичные отложения часто непосредственно залегают на юрских глинах или даже на руде и перекрываются всегда только бурыми четвертичными суглинками.

Четвертичные отложения на Ново-Петропавловском месторождении состоят из бурых и светлобурых алеврито-глинистых пород (главным образом суглинков), в нижних частях приобретающих более алевритовый характер. В большинстве случаев все эти породы вскипают с HCl. Покров бурых суглинков достигает близ восточной границы рудного тела 10 — 12 м.

### Тектоника

Ново-Петропавловское месторождение расположено в средней части Баймакской депрессии у линии меридионального сброса. Главная фаза формирования Южного Урала, варисская, отразилась на палеозойских породах, которые сильно дислоцированы, нарушены трещинами кливажа. Прогибание Баймакской синклинали зоны в мезозое создало условия для накопления здесь юрских континентальных, позднее морских меловых и третичных отложений.

Наблюдающийся здесь сброс меридионального направления сечет всю толщу мезо-кайнозойских отложений, причем опущенным крылом является западное. Восточное крыло приподнято, и часть третичных отложений смыта. Амплитуда сброса местами достигает 60 — 70 м. К западу от тектонической линии развиты третичные и меловые породы, а к востоку — главным образом юрские. Возраст этих нарушений, по данным П. Л. Безрукова и А. Л. Яншина (1934), определяется как верхнемиоценовый.

### Форма и условия залегания рудного тела

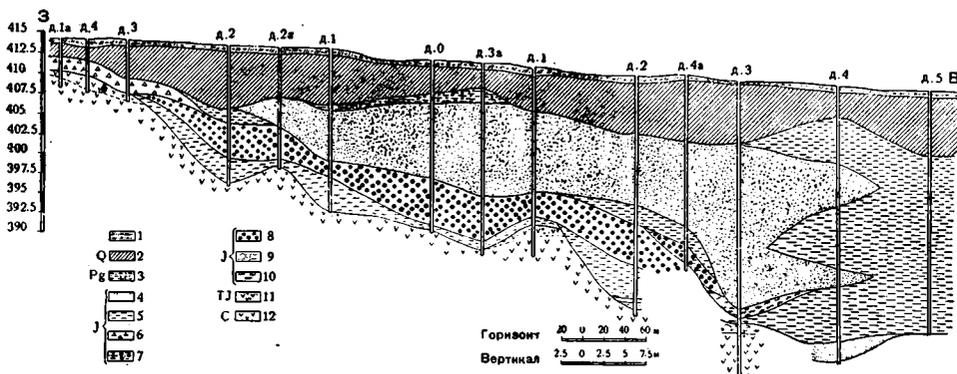
Рудное тело Ново-Петропавловского месторождения состоит из трех участков: центрального, южного и северного.

Самый большой из них — центральный — разведан наиболее детально, оконтурен с трех сторон (с востока, с севера и с запада), причем на основании имеющегося разреза по линии 4 можно полагать, что

с запада оконтурена лишь та часть залежи, которая расположена к востоку от сброса, в приподнятой части серпентинитового массива. Северный участок расположен на расстоянии 2 км к северо-западу от центральной залежи и отделяется от него полосой развития серпентинитов. Южный участок расположен в 2 км к югу от центральной залежи и отделяется от нее выступом поверхности серпентинита и кремнистых сланцев.

В северной и южной залежах руды встречены лишь в нескольких разведочных выработках, вследствие чего о форме залежей судить весьма трудно. Поэтому мы ограничиваемся здесь описанием формы рудного тела по центральной залежи.

Рудное тело вытянуто в меридиональном направлении, контуры его довольно извилистые, в особенности в восточной части. Местами рудное тело расширяется и дает небольшие языки. Длина рудного тела в центральной залежи около 3.5 км, ширина от 0.6 до 2.0 км.



Фиг. 6. Ново-Петропавловское железорудное месторождение. Разрез в линии 7. 1—почвенно-растительный слой; 2—суглинок; 3—глина; 4—песок; 5—глина; 6—рудный делювий; 7—глина с редкими бобами; 8—бобово-оолитовая руда; 9—тонкослоистая руда; 10—грубослоистая руда; 11—древняя кора выветривания серпентинитов; 12—серпентинит.

Мощность рудного тела не везде выдерживается и колеблется от 1 до 8 м (по данным И. Л. Рудницкого местами доходит до 15 м). Наибольшие колебания наблюдаются в центральной и в западной части месторождения как следствие неровностей доюрского рельефа: в тех местах, где на поверхности серпентинитов наблюдаются углубления или впадины, рудное тело достигает наибольшей мощности (7—8 м). По линии 26 имеем воронкообразное понижение, где мощность рудного тела доходит до 15 м, тогда как на склонах понижений мощность всего лишь 4—5 м. На всех разрезах рудное тело имеет в общем почти горизонтальное залегание с небольшим уклоном на запад и на восток.

Таким образом, из всего вышеизложенного следует, что Ново-Петропавловское месторождение по форме относится к типу пластообразных залежей, подобно другим железорудным месторождениям Халиловского района.

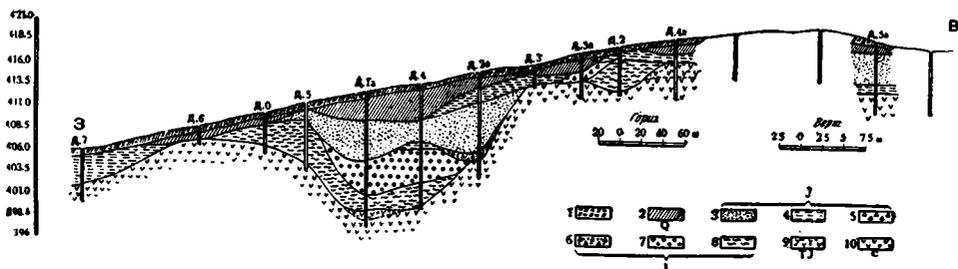
Рудное тело Ново-Петропавловского месторождения не выходит на поверхность, залегая в основании юрских отложений.

Мощность покрывающих пород в центральных частях рудного тела обычно не превышает 5—7 м и лишь в редких случаях, например по линии 7 (фиг. 6), доходит до 15 м. Увеличение мощности покрывающих пород почти всегда наблюдается в восточной части месторождения. Здесь можно установить некоторую зависимость от рельефа поверхности: в тех участках, где поверхностный рельеф имеет более или менее ровный характер, мощность покрывающих пород колеблется незначи-

тельно; в более пониженных местах современного рельефа местности мощность покрывающей толщи увеличивается. Характерно, что в таких местах наблюдается также и увеличение мощности рудного тела. Так, на линии 26 (фиг. 2) рельеф местности в восточном направлении понижается, и одновременно возрастает мощность покрывающей толщи до 20—22 м. Все же верхняя поверхность рудного тела не вполне выровнена и местами имеет выпуклости или вдавленности, отражающие неровности размытой поверхности палеозойского фундамента, на котором отлагались руды.

Ниже приведены более подробные данные о взаимоотношениях покрывающих пород с рудным телом, причем описание мы ведем в направлении с запада на восток и с юга на север.

В западной части месторождения местами верхний горизонт рудной толщи представлен рудным делювием и покрывается непосредственно четвертичными суглинками, граница которых с рудным делювием до-



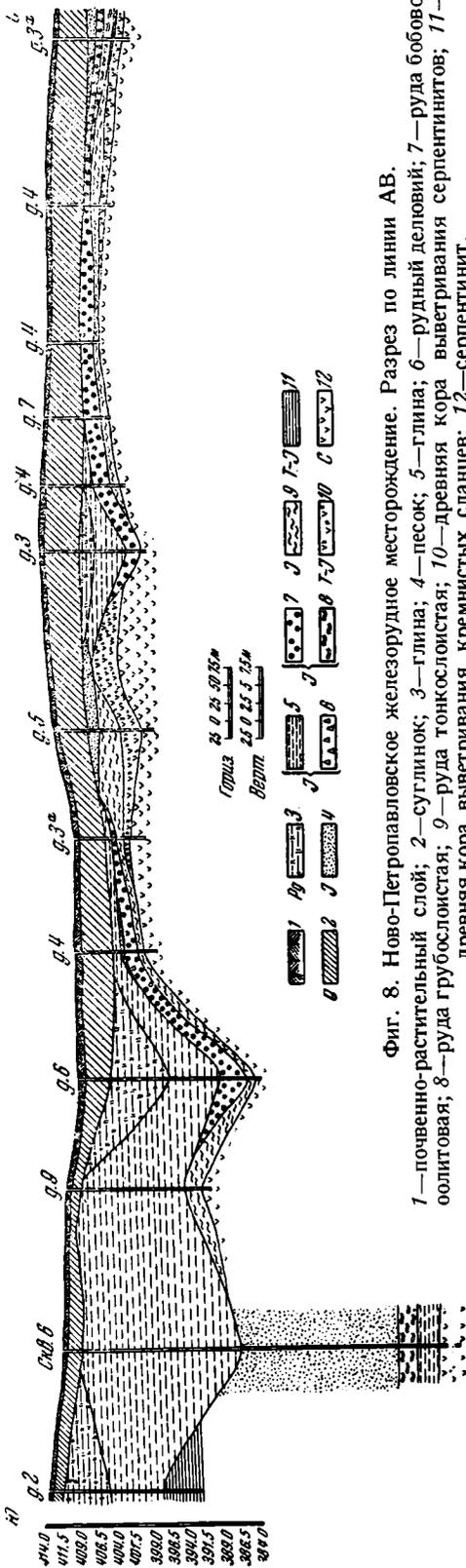
Фиг. 7. Ново-Петропавловское железорудное месторождение. Разрез по линии 11. 1—почвенно-растительный слой; 2—суглинок; 3—песок; 4—глина; 5—рудный делювий; 6—конгломерат с железистыми бобами; 7—бобово-оолитовая руда; 8—тонкослоистая руда; 9—древняя кора выветривания серпентинитов; 10—серпентиниты.

вольно резкая. В некоторых участках, например в западной части линии 26, рудное тело покрывается палеогеновыми глинами, которые представлены довольно плотными и вязкими породами зеленовато-серого цвета с ржаво-бурыми пятнами, в нижних частях переполненными гальками кремнистых пород и щебенкой руды. Граница с рудой неровная и резкая. К востоку палеогеновые и четвертичные отложения сменяются юрскими песками и глинами, которые в нижних частях, на контакте с рудной толщей, обычно бывают ожелезнены. В глинах довольно часто наблюдаются железистые бобы или обломки руды. Граница с рудой неясная; местами наблюдается постепенный переход от рудной толщи к покрывающим глинам, например в дудке 2а линии 4.

Нередко покрывающими породами являются серовато-черные вязкие и плотные глины с прослойками мелкозернистого слюдистого песка и серовато-бурой глины, причем ближе к рудной толще глина приобретает бурый цвет, и в ней появляются мелкие галечки каолинита и, очень редко, железистые бобы. Контакт между глиной и рудой затушевывается, и серовато-черные глины постепенно переходят в бобовую глинисто-гидрогетит-хлоритовую руду. В случае перекрытия рудной толщи юрскими песками, граница с рудным телом выражена довольно резко.

Далее к востоку рудное тело покрывается вновь бурыми четвертичными суглинками, которые близ восточной границы сменяются юрскими песками и конгломератовидными песчаниками с включениями гидрогетитовых бобов, заменяющими выклинивающееся рудное тело (у дудки 6а линии 26, фиг. 2). Здесь мощность покрывающих пород достигает 20 м.

Аналогичная картина наблюдается и на северном участке месторождения в дудке 2а, по линии 11 (фиг. 7), но только здесь юрский серо-



Фиг. 8. Ново-Петропавловское железорудное месторождение. Разрез по линии АВ.

1—почвенно-растительный слой; 2—суглинок; 3—глина; 4—песок; 5—глина; 6—рудный делювий; 7—руда бобово-оолитовая; 8—руда грубослоистая; 9—руда тонкослоистая; 10—древняя кора выветривания серпентинитов; 11—древняя кора выветривания кремнистых сланцев; 12—серпентинит.

ватый мелкозернистый песок переходит в делювий (0.3 м), состоящий из обломков руды и кремнистой, слегка оруденелой породы. На фиг. 7 делювий не показан (не укладывается в масштабе). Далее под делювием залегает конгломерат с гидрогетитовыми бобами, мощность которого 0.3 м. Эта толща лежит непосредственно на слегка ожелезненном и нонтронизированном серпентините.

При пересечении рудного тела с юга на север мы встречаемся с аналогичными изменениями в условиях его залегания. Нами построен продольный разрез через центральную залежь по линии АВ (фиг. 8).

В южной части разреза рудное тело покрывается юрскими алевритовыми глинами и песками, мощность которых доходит до 50 м. В центральной части рудное тело местами покрывается четвертичными суглинками, обычно же юрскими отложениями, к северу юрские отложения выклиниваются, и рудное тело покрыто четвертичными суглинками мощностью 10 м.

С подстилающими породами, представленными различными зонами коры выветривания серпентинитов, но преимущественно нонтронитизированными и силицифицированными серпентинитами, рудная толща находится в следующих взаимоотношениях.

У западной границы по линиям 7 и 11 наблюдается выклинивание рудной толщи и замещение ее в разрезе рудным делювием, состоящим из щебенки и обломков руды различных типов. Рудный делювий залегает на охристо-нонтронитовой зоне коры выветривания серпентинита, переходящей постепенно в нонтронитизированный серпентинит. Мощность охристо-нонтронитовой зоны небольшая — 0.2 м. Граница ее с рудным делювием неровная, нерезкая. Далее к востоку нижним членом рудной толщи являются гидрогетит-хлоритовые тонкослоистые руды, залегающие на

зеленовато-сером нонтронитизированном, слегка силицифицированном серпентините. Граница рудного тела с серпентинитом неровная, но вполне ясная и резкая. Следует отметить, что там, где имеются выступы серпентинитового массива, наблюдаются резкие переходы от рудной толщи к подстилающим породам. В тех же местах, где имеются небольшие углубления в подстилающих породах, переход их к рудной толще не резок.

Нередко тонкослоистые гидротетит-хлоритовые руды залегают на охристо-нонтронитовой зоне коры выветривания серпентинитов, видимая мощность которой иногда доходит до 2 м. Контакт руды с подстилающими породами макроскопически, по цвету, почти невозможно заметить, и граница между ними устанавливается только по различной текстуре и крепости пород: нонтронитовая зона почти всегда представлена рыхлыми разностями и нередко содержит обломки серпентинита. Но иногда и гидротетит-хлоритовые тонкослоистые руды представлены некрепкими породами и имеют несколько глинистый характер; в таком случае граница между ними устанавливается с большим трудом. Совершенно иную картину мы наблюдаем, когда на нонтронитовой зоне коры выветривания серпентинитов залегают хлоритовые тонкослоистые руды, представляющие собой очень плотную и крепкую породу темнозеленого цвета: граница между ними неровная, но очень резкая. В других местах, например по линии 4 в дудке 3а, тонкослоистые руды налегают на серпентиниты, верхние горизонты которых почти полностью замещены гидротетитом, и в этом случае граница рудного тела с подстилающими породами устанавливается довольно легко. Близ восточной границы, где рудное тело выклинивается, осадочные руды отсутствуют, они повидимому смыты. Здесь кора выветривания представляет собой оруденелый крепкий плотный серпентинит (выделенный нами под названием корковых руд), который в нижних частях обохрен и слегка нонтронитизирован.

В южной части месторождения рудная залежь подстилается корой выветривания эффузивных пород, но проследить их взаимоотношения нам удалось лишь в одной дудке 3а на линии разреза 1 (фиг. 9), в остальных, пройденных нами дудках, руда не обнаружена. Рудная толща на этом участке выражена в виде небольших выклинивающихся линзочек. По данным первичной документации разведки 1929—1931 гг., местами руда подстилается юрскими глинами, но для подтверждения этого у нас не имеется никаких материалов и возможно, что эти глины также являются продуктами коры выветривания.

Из всего вышеописанного можно сделать следующие выводы:

1. Рудное тело залегает на размытой поверхности древней коры выветривания серпентинитов и эффузивных пород.

2. Непосредственно покрывающими породами в пределах рудной толщи являются юрские, четвертичные и редко третичные породы.

3. Мощность покрывающих отложений изменчива; увеличение их мощности наблюдается почти всегда в восточной части рудного тела.

4. Граница между рудной толщей и покрывающими породами выражена довольно резко, но иногда наблюдается постепенный переход глинистой гидротетит-хлоритовой бобово-оолитовой руды в юрские кроющие глины.

5. Покрывающие рудное тело мезозойские отложения подвергались размыву; местами четвертичные и палеогеновые породы налегают с размывом на юрские глины и пески.

6. Граница между рудным телом и подстилающими породами резкая и только в тех случаях, когда рудная толща залегает на нонтронитовой зоне коры выветривания серпентинитов, макроскопически границы иногда трудно устанавливаются.

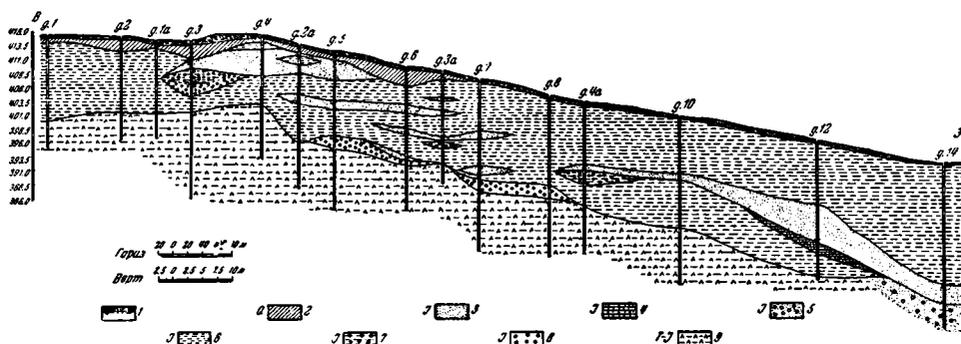
7. Верхняя и нижняя поверхности рудной толщи неровные.

8. Рудное тело местами претерпело размыв; юрские, палеогеновые и четвертичные отложения залегают иногда на размывтой поверхности рудной залежи, а кое-где бобово-оолитовые и слоистые руды смыты, и их замещает в разрезе рудный делювий.

9. К востоку и западу рудное тело местами выклинивается и постепенно переходит в конгломератовидный песчаник с гидрогетитовыми рыхлыми бобами.

### Строение рудного тела

Строение рудного тела на разных участках рудной площади имеет несколько отличный характер. В центральной и северной залежах оно



Фиг. 9. Ново-Петропавловское железорудное месторождение. Разрез по линии № 1. 1—почвенно-растительный слой; 2—суглинок; 3—песок; 4—песчаник; 5—песок с галькой; 6—глина; 7—глина с гидрогетитовыми бобами; 8—бобово-оолитовая руда; 9—древняя кора выветривания эффузивных пород.

примерно однотипно и может быть охарактеризовано разрезами по линиям 2б, 4, 7 и 11 (фиг. 2, 5, 6, 7), построенными на основании данных пройденных нами дудок с учетом первичной документации по разведке И. Л. Рудницкого. Наиболее полно строение рудного тела выявляется по линии 2б, дудка 3а (фиг. 2), имеющей следующий разрез (сверху вниз):

- |  |       |
|--|-------|
| 1. Почвенно-растительный слой  | 0.6 м |
| 2. Суглинок бурый (четвертичного возраста) с щебенкой руды (близ нижней границы)   | 3.1 » |
| 3. Глина юрская железистая желтовато-бурого цвета, с галечками каолина и редкими гидрогетитовыми бобами  | 0.5 » |
| 4. Гидрогетит-хлоритовая бобово-оолитовая руда зеленовато-бурого цвета с мелкими галечками каолина   | 0.8 » |
| 5. Гидрогетит-хлоритовая грубослоистая руда желтовато-бурого цвета, крепкая и плотная  | 0.7 » |
| 6. Гидрогетит-хлоритовая тонкослоистая руда зеленовато-бурого цвета, плотная, крепкая. Граница с подстилающими породами ясная, неровная  | 0.7 » |
| 7. Охристо-нонтронитовая зона коры выветривания, рыхлая, зеленовато-бурого цвета, с черными пятнами окислов марганца, книзу становится более плотной и приобретает темнозеленый цвет | 2.0 » |
| 8. Нонтронитизированный серпентинит зеленовато-серого цвета — местами обожренный, с гнездами кальцита и опализованными участками   | 0.5 » |

На разрезе видно, что дудка 3а расположена на выступе поверхности змеевика. Западнее, в углублении поверхности серпентинита, мощность рудного тела возрастает до 5—8 м, причем бобово-оолитовые и слоистые руды в равной мере увеличиваются в мощности. Еще далее к западу поверхность серпентинитов вновь поднимается, и рудное тело, постепенно уменьшаясь в мощности, выклинивается.

К востоку от дудки 3а повторяется примерно та же картина, но здесь на промежутке между дудками 4а и 8 осадочные руды отсутствуют (повидимому смыты), и верхние горизонты коры выветривания серпентинитов почти полностью замещены гидрогетитом с сохранением сетчатой текстуры серпентинита. Дальше к востоку вновь появляются типичные бобово-оолитовые и слоистые руды, причем первые переходят в конгломератовую разновидность, а вторые — в почти мономинеральную хлоритовую породу, которые в дудке 6а выклиниваются и замещаются тонким слоем конгломератовидных песчаников, содержащих гидрогетитовые бобы.

В других разрезах в пределах центральной и северной залежей строение рудного тела остается тем же: сверху бобово-оолитовые руды, ниже слоистые (грубо-слоистые и бобово-оолитовые руды не всегда присутствуют) и затем охристо-нонтронитовая зона коры выветривания серпентинитов, или же руды лежат на слабо нонтронитизированных серпентинитах.

В разрезе по линии 4 (фиг. 5) следует отметить две отличительные черты: 1) отсутствие наклона поверхности серпентинитов к востоку и 2) наличие сброса, нарушающего сплошность рудного тела. На этом основании можно полагать, что центральная залежь с запада оконтурена не полностью, а лишь в той части ее, которая расположена к востоку от сброса, в приподнятой части серпентинитового массива.

Судя по материалам разведки 1929—1931 гг. и нашим (правда, единичным) анализам, руды южной залежи относятся к глиноземистым. Они имеют здесь небольшое распространение и залегают в виде небольших линзочек, мощность которых не превышает 2 м. Рудное тело южной залежи, расположенной на неровной поверхности коры выветривания эффузивных пород, удалось пересечь только одной дудкой (дудка 3а, линия 1). Здесь рудное тело прикрыто 15-метровой толщиной юрских слюдястых глин и песков и имеет мощность около 1 м. Верхнюю часть залежи составляет глинистая гидрогетит-хлоритовая бобово-оолитовая руда, а нижнюю, мощностью 15 см, — песчаная гидрогетит-хлоритовая руда с гальками каолинита и гидрогетитовыми бобами.

### Минералогический состав руд

В составе рудного тела рудные минералы представлены: гидрогетитом, эренвертитом, гидрогематитом, магнетитом, хромшпинелидами, марганцовистыми минералами; кроме того в рудной толще широким распространением пользуются железистые хлориты, которые в своем составе содержат до 26% железа. Из нерудных минералов сравнительно широко распространен гидраргиллит, меньше каолинит, кварц, полевой шпат, карбонаты.

Гидрогетит, один из наиболее распространенных минералов рудной толщи, встречается в виде плотных, реже рыхлых, масс, или же образует бобы и очень редко оолиты. Макроскопически гидрогетит представляет собой плотную, реже, рыхлую, криптокристаллическую массу желтовато-бурого или темнокоричневого цвета. Твердость колеблется от 1.5 до 4.0. Цвет черты светложелтый, коричневый; блеск матовый.

Под микроскопом гидрогетит в большинстве случаев непрозрачен и лишь в тонких пластинках просвечивает и обнаруживает красновато-оранжевый цвет и мелкокристаллическое строение. Иногда гидрогетит в тонкослоистых рудах обохрен и превращен в мелкочешуйчатый агрегат с хорошо проявленной анизотропией. В полированных шлифах гидрогетит имеет серый, реже светлосерый цвет; в одних случаях легко чертится стальной иглой, в других не чертится. Внутренние рефлексы — от светлобурых до красновато-коричневых.

Гидрогетит встречается в рудах всех типов, но в бобово-оолитовых присутствует в небольшом количестве; он здесь образует бобы, реже оолиты, или же входит в состав цемента в виде небольших участков. Иногда гидрогетит образует прожилки или мельчайшие выделения в буром изотропном хлорите. Бобы имеют довольно правильную шарообразную, реже угловатую форму, размеры которых колеблются от 0.2 до 0.8 см. Оолиты от бобов отличаются лишь под микроскопом своим концентрическим скорлуповатым строением. Бобы часто трещиноваты, пористы, трещины, повидимому, образованы в процессе усыхания; они направлены в различные стороны и в большинстве случаев бывают выполнены железистым хлоритом, или гидрагиллитом; нередко бобы содержат мельчайшие включения хромшпинелида, реже магнетита.

В тонкослоистых рудах гидрогетит встречается в виде тончайших слоев, которые, чередуясь с железистым хлоритом, придают слоистую текстуру руде. Нередко гидрогетит встречается в виде неправильных участков или прожилков, в которых он замещает железистый хлорит. Местами в слоистых рудах гидрогетит окаймляет железистый хлорит, образуя натечные текстуры.

Эренвертит в рудах Ново-Петропавловского месторождения встречается редко. Он входит в состав цемента бобовых руд, в котором образует небольшие участки. В слоистых рудах эренвертит встречается в виде мельчайших включений в железистом хлорите, образующих местами неправильные скопления.

Гидрогематит имеет кирпично-красный цвет, твердость от 4.5 до 6, удельный вес 3.684 (обр. 1, д. 2, л. 2). Под микроскопом гидрогематит в тонких пластинках имеет вишнево- или темнокрасный цвет, скрытокристаллическое, реже тонкочешуйчатое, строение.

Гидрогематит в Ново-Петропавловском месторождении пользуется незначительным распространением. Он входит в состав бобово-оолитовых и тонкослоистых руд. В бобово-оолитовых рудах гидрогематит встречается в цементе в виде мелких неправильных включений, или же образует оторочки вокруг гидрогетитовых бобов; иногда выполняет тончайшие трещинки в гидрогетитовых бобах. Очень редко гидрогематит встречается в виде бобов.

В слоистых рудах гидрогематит образует тонкие и более мощные прослойки, которые то обрываются, то переходят в гидрогетит.

Для химического анализа был отобран кирпично-красный гидрогематит из тонкослоистой руды (обр. 1, д. 2, л. 2). Просмотр отобранного материала под микроскопом показал, что полностью освободиться от примесей хлорита не удалось. Результаты анализа приведены в табл. 3.

Таблица 3  
Химический состав гидрогематита (в %)

Компоненты	Колич.	Компоненты	Колич.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	15.0	MgO . . . . .	1.33
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	61.78	NiO . . . . .	0.88
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	6.38	CoO . . . . .	0.04
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1.51	H <sub>2</sub> O + . . . . .	4.62
FeO . . . . .	1.63	H <sub>2</sub> O - . . . . .	6.38
MnO . . . . .	0.19		
CaO . . . . .	0.42	Сумма . . . . .	100.16

Анализ произведен в полевой лаборатории Южно-Уральской экспедиции Академии Наук.

Пересчет на молекулярные количества (SiO<sub>2</sub>—250, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>—386, H<sub>2</sub>O—610), после исключения воды на хлорит в полуторном размере

согласно имеющимся данным от количества кремнезема в соответствии с данными изучения хлоритов Ново-Петропавловского месторождения, дает соотношение:  $H_2O : Fe_2O_3 = 235 : 300 = 0.77$ . Следовательно, на каждую молекулу  $Fe_2O_3$  получаем меньше одной частицы  $H_2O$ . Обращает на себя внимание в гидрогематите сравнительно высокое содержание никеля, что характерно для аналогичного вида минералов и в Ново-Киевском месторождении.

Магнетит имеет незначительное распространение в рудной толще; он встречается как в бобово-оолитовых, так и в слоистых рудах в виде мелких кластических зерен или в виде точечных включений, которые местами образуют небольшие скопления.

Хромошпинелиды распространены по всей толще рудного тела, но в наибольшем количестве сосредоточены в бобово-оолитовых рудах. Встречаются в виде угловатых, реже округлых зерен различных размеров. Иногда мелкие зерна в руде образуют небольшие скопления.

Марганцовистые минералы типа псиломелан-вада и пиролюзита выделяются главным образом вдоль трещинок в рудах. Цвет серый, реже серовато-черный, со слабым металлическим блеском. Черта черная. Сильно пачкает.

Из прожилка в бобовой руде (обр. 5, д. 1а, л. 4) был отобран под лупой марганцовистый минерал со слабым металлическим блеском. Просматр под микроскопом показал, что полностью освободиться от примеси гидрогетита и хлорита не удалось. Неполный химический анализ этого минерала приведен в табл. 4.

Таблица 4  
Химический состав марганцовистого минерала (в %)

Компоненты	Колич.	Компоненты	Колич.
$SiO_2$ . . . . .	14.0	$MnO_2$ . . . . .	24.48
$TiO_2$ . . . . .	0.1	$CaO$ . . . . .	0.80
$Al_2O_3$ . . . . .	15.66	$MgO$ . . . . .	0.88
$Cr_2O_3$ . . . . .	0.98	$H_2O$ . . . . .	15.84
$Fe_2O_3$ . . . . .	23.30	Сумма . . . . .	96.04

Химическая лаборатория ИГН АН СССР, аналитики  
П. А. Волков и Е. А. Авакова.

Хлориты в Ново-Петропавловском месторождении пользуются широким распространением; они принимают большое участие как в слоистых, так и в бобово-оолитовых рудах. В последних хлорит входит в состав цемента бобовых руд, а также образует бобы и оолиты.

Выделить совершенно чистые хлориты нам не удалось, поэтому химический состав их еще недостаточно выяснен. По строению среди хлоритов, встречающихся в этом месторождении, можно выделить две разновидности: 1) изотропный хлорит и 2) анизотропный хлорит.

Изотропный хлорит макроскопически имеет бурый или светлорубый, реже зеленовато-черный цвет; твердость колеблется от 1 до 2. Удельный вес двух образцов 2.94 (обр. 3, д. 7, л. 3 и обр. 1, д. 6, л. 2).

Под микроскопом представляет бурую или светлорубую изотропную неоднородную массу с мельчайшими включениями гидрогетита, или микрочешуйки анизотропного хлорита. Местами изотропный хлорит перекристаллизовывается и переходит в чешуйчатый хлорит со слабо проявленной анизотропией. Изотропный хлорит пользуется широким развитием в бобово-оолитовых рудах; он входит в состав цемента в виде небольших участков, или заполняет мельчайшие трещинки в бобах, местами окорковывает гидрогетитовые бобы, постепенно замещая их.

В слоистых рудах изотропный хлорит встречается в виде неправильной формы скоплений или в виде тонких прослоек, чередуясь с анизотропным хлоритом или гидрогетитом. Показатели преломления у изотропных хлоритов весьма непостоянны и зависят от содержания железа. В одних образцах бурые изотропные хлориты имеют показатель преломления  $N_m=1.75$  (обр. 1, д. 6, л. 2), в других  $N_m=1.761$  (обр. 3, д. 7, л. 3). Показатель преломления у светлобурого хлорита с очень слабо проявленной изотропией  $N_m=1.677$  (обр. 4, д. 5а, л. 2б). Для химического анализа был отобран под лупой зеленовато-черный хлорит. При микроскопическом исследовании оказалось, что отобранный материал содержит мельчайшие примеси хромшпиннелида и гидрогетита, освободиться от которых полностью не удалось. Результаты химических анализов приведены в табл. 5.

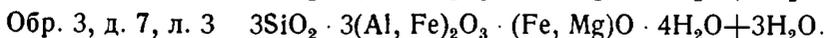
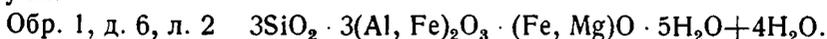
Таблица 5  
Химический состав изотропного хлорита

Компоненты	Обр. 1, д. 6, л. 2		Обр. 3, д. 7, л. 3	
	Весов. %	Молек. колич.	Весов. %	Молек. колич.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	20.04	334	18.36	306
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.06	—	0.11	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	24.10	236	25.01	245
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	25.88	160	23.35	146
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0.68	4	0.14	—
FeO . . . . .	7.63	106	13.32	171
MnO . . . . .	0.06	—	0.06	—
CaO . . . . .	0.42	—	0.06	—
MgO . . . . .	3.78	95	3.30	82
NiO . . . . .	0.07	—	0.40	—
CoO . . . . .	не опр.	—	следы	—
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.14	—	не опр.	—
H <sub>2</sub> O + . . . . .	9.73	540	8.91	495
H <sub>2</sub> O — . . . . .	7.72	428	6.67	370
Сумма . . . . .	100.31	—	99.69	—

Химическая лаборатория ИГН АН СССР, аналитики  
П. А. Волков и Е. А. Авакова.

Полученные коэффициенты  $s$ ,  $f$  для изотропных хлоритов Ново-Петропавловского месторождения не укладываются в классификацию Орселя. По коэффициенту «а», они ближе всего подходят к тюрингитам, от которых отличаются большим содержанием окиси железа и меньшим закиси железа и окиси магния. Б. П. Кротов, изучая хлориты Халиловских месторождений, пришел к выводу, что хлориты по химическому составу весьма непостоянны, что в них наблюдаются большие колебания в содержании кремнезема, глинозема, а также окиси и закиси железа. Во всех хлоритах FeO доминирует над MgO, а количества Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> очень сильно колеблются; почти по всем коэффициентам Орселя хлориты не попадают в его группы. По содержанию железа и по показателям преломления Б. П. Кротов предлагает хлориты Халиловских месторождений отнести к группе железистых хлоритов.

Пересчитав химические анализы на минералогический состав (перечислив часть железа, хрома, магния и воды на гидрогетит и хромшпиннелид), получаем для изотропных хлоритов приближенно следующие формулы:



Изотропные хлориты Ново-Петропавловского месторождения по показателям преломления и содержанию железа можно отнести к группе железистых хлоритов; ближе всего они подходят к тюрингитам, представляющим, очевидно, разновидность их.

Анизотропный хлорит представляет собой довольно плотную, реже рыхлую массу скрытокристаллического строения, темно- или светлозеленого цвета. Твердость от 1.5 до 2. Удельный вес 2.69 (обр. 4, д. 5а, л. 2б). Под микроскопом представляет мелкочешуйчатую массу, среди которой иногда выделяются более крупные чешуйки со слабо проявленным плеохроизмом; однако чешуйки сильно изменены, побурели, в силу чего оптические свойства минерала определить не удалось. Анизотропный хлорит встречается во всех типах руд, а в слоистых рудах пользуется довольно широким распространением. Он образует здесь неправильные включения или тонкие слоечки, очень редко сферолиты. В бобово-оолитовых рудах анизотропный хлорит встречается в незначительном количестве в виде прожилков в цементе или выполненный тончайших трещинок в гидрогетитовых бобах. Нередки тонкие чешуйки анизотропного хлорита в виде мелких включений в буром изотропном хлорите; изредка они образуют здесь небольшие скопления. Очень редко анизотропный хлорит в бобово-оолитовой руде слагает оолиты концентрически скорлуповатого строения, причем концентров не больше двух-трех.

Показатель преломления, определенный на ряде образцов анизотропного хлорита, во всех случаях  $N_m = 1.628$  (обр. 4, д. 5, л. 2б).

Для анализа (табл. 6) из того же образца был отобран зеленый анизотропный хлорит, но совершенно однородный материал получить не удалось, так как зеленый анизотропный хлорит находится в очень тонкой смеси с бурым изотропным хлоритом и содержит, кроме того, микроскопические включения гидрогетита и хромшпинелида.

Таблица 6

Химический состав анизотропного хлорита

Компоненты	Весов. %	Молек. колич.	Компоненты	Весов. %	Молек. колич.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	30.48	508	CaO . . . . .	0.83	14
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.15	2	MgO . . . . .	2.46	61
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	15.13	148	NiO . . . . .	0.52	1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	23.50	14	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.00	—
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0.90	6	H <sub>2</sub> O — . . . . .	5.54	308
FeO . . . . .	10.00	139	H <sub>2</sub> O + . . . . .	10.25	569
MnO . . . . .	0.07	1	Сумма . . . . .	99.83	—

Химическая лаборатория ИГН АН СССР, аналитик В. Некрасова.

$$1) \quad s = \frac{508}{295} = 1.72; \quad 2) \quad f = \frac{FeO}{MgO} = \frac{139}{61} = 2.27.$$

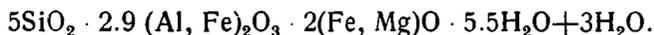
$$3) \quad a = \frac{Fe_2O_3}{Al_2O_3} = \frac{147}{148} = 0.99.$$

По коэффициентам Орселя, анизотропный хлорит попадает в разные группы.

В анизотропном хлорите Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> превышает количество Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, а FeO господствует над MgO; соотношения этих окислов приближают его к группе стильномелана.

Перечислив часть железа, хрома и воды на гидрогетит и хромшпи-

нелид, для анизотропного хлорита получаем приближенно следующую формулу:



Полученная формула анизотропного хлорита отличается от формулы изотропного хлорита (обр. 1) по коэффициенту кремнезема и  $\text{RO}$ , но анизотропный хлорит довольно резко отличается по физическим свойствам и по показателям преломления.

Гидраргиллит встречается в верхних горизонтах рудной толщи в бобовых и грубослоистых рудах в виде неправильных включений и гнезд желтовато-белого цвета. Под микроскопом он представляет мелкочешуйчатую массу, среди которой довольно часто выделяются довольно крупные чешуйки. Форма выделений гидраргиллита довольно разнообразная: треугольная, округлая, прямоугольная, в некоторых кристаллах хорошо заметны двойнички. Местами гидраргиллит имеет концентрически-скорлуповатое или радиально-лучистое строение.

Гидраргиллит довольно широко распространен в некоторых участках грубослоистых руд (линия 2б, дудка 5а), где он равномерно распределяется по всей руде в виде мелких чешуек или тончайших пластинок, образуя местами скопления. Нередко гидраргиллит разъедает и окорковывает как хлоритовые, так и гидрогетитовые участки, образуя кокардовое строение. Среди бобово-оолитовых руд гидраргиллит пользуется незначительным распространением. Он встречается в виде мелких чешуек, которые входят в состав цемента, или же образуют большие скопления. Иногда выделения гидраргиллита наблюдаются по тончайшим трещинкам гидрогетитовых бобов.

Каолинит макроскопически представляет желтовато-белую или зеленоватую чешуйчатую, местами довольно плотную, слегка жирную наощупь массу. Излом неровный, твердость 1—1.5. Удельный вес 2.47 (обр. 3, д. 1а, л. 4).  $\text{HCl}$  и  $\text{HNO}_3$  не действуют,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  разлагает его лишь при очень сильном нагревании.

Под микроскопом каолинит мелкочешуйчатый, бесцветный, местами окрашен бурыми гидроокислами железа в светложелтоватый цвет. Имеет положительное удлинение, показатель преломления  $N_m = 1.558$  (обр. 3, д. 1а, л. 4). Встречается каолинит главным образом в бобово-оолитовых глинисто-гидрогетит-хлоритовых рудах, где входит в состав цемента в виде мелких чешуек, которые местами образуют довольно крупные скопления, а нередко встречается и в виде включений в бобах. По линии 4 дудка 1а недалеко от сброса каолинит в этих рудах образует тонкие прожилки, которые имеют то горизонтальное, то вертикальное направление. Химический анализ каолинита приведен в табл. 7.

Таблица 7  
Химический состав каолинита (обр. 3, д. 1а, л. 4)

Компоненты	Весов. %	Молек. колич.	Компоненты	Весов. %	Молек. колич.
$\text{SiO}_2$ . . . . .	43.66	728	$\text{MgO}$ . . . . .	0.7	17
$\text{TiO}_2$ . . . . .	0.09	1	$\text{H}_2\text{O} +$ . . . . .	16.07	893
$\text{Al}_2\text{O}_3$ . . . . .	36.19	355	$\text{H}_2\text{O} -$ . . . . .		
$\text{Cr}_2\text{O}_3$ . . . . .	0.19	1	$\text{NiO}$ . . . . .	0.97	—
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ . . . . .	2.11	13	$\text{CoO}$ . . . . .	0.03	—
$\text{CaO}$ . . . . .	0.5	9			
			Сумма . . . . .	100.51	—

Химическая лаборатория ИГН АН СССР, аналитики П. А. Волков и Е. Л. Авакова.

Пересчитанные молекулярные количества укладываются в формулу каолинита  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$  с незначительной примесью железа, титана, хрома, магния и т. д. Обращает на себя внимание повышенное содержание примеси никеля, который, повидимому, представляет силикат никеля, находящийся в смеси с каолинитом; последний окрашен в светло-зеленоватый цвет.

Кварц присутствует в рудах в виде незначительной примеси; более обилен он в бобово-оолитовых песчанисто-гидрогетит-хлоритовых рудах, здесь кварц равномерно рассеян по всей руде в виде мельчайших песчинок, местами образующих небольшие скопления. В остальных рудах кварц встречается в виде отдельных зерен округлой формы.

Прочие нерудные минералы: серпентин, халцедон, карбонаты, полевой шпат встречаются в рудной толще в виде единичных зерен или чешуек.

## Типы руд

По минералогическому составу и строению в Ново-Петропавловском месторождении можно выделить следующие типы руд.

### Гидрогетит-хлоритовые руды

#### А. Бобово-оолитовые руды:

- 1) гидрогетит-хлоритовые (нормальные),
- 2) глинистые гидрогетит-хлоритовые,
- 3) песчанистые гидрогетит-хлоритовые.

#### Б. Слоистые руды:

##### а) Грубослоистые руды;

- 1) гидрогетит-хлоритовые (нормальные),
- 2) гидраргиллито-гидрогетит-хлоритовые,

##### б) Тонкослоистые руды;

- 1) гидрогетит-хлоритовые (нормальные),
- 2) гидрогематит-хлоритовые.

Гидрогетит-хлоритовые бобово-оолитовые руды. Руды этого типа буровато-коричневого или зеленовато-желтого цвета, плотные, крепкие, с довольно большим удельным весом. Количественное соотношение между цементом и бобами весьма различное. В некоторых участках месторождения встречаются руды с сильно концентрированными бобами, почти соприкасающимися друг с другом (фиг. 10), в других, наоборот, руды отличаются редким расположением бобов, и главной составной частью является цементирующая масса. Изредка среди бобов встречаются неправильные угловатые включения, редко гальки размером до одного сантиметра, состоящие из гидрогетита. Местами руда разбита трещинами, и по трещинкам выделяются налеты или корочки окислов марганца.

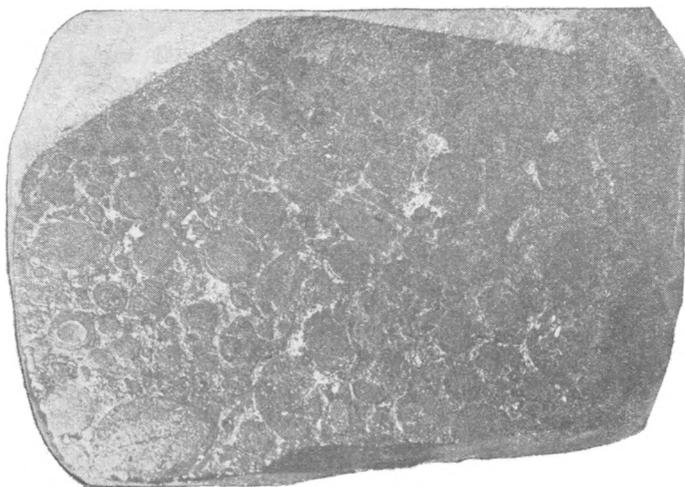
Большая часть бобов сложена гидрогетитом, меньшая хлоритами и очень небольшая гидрогематитом. Иногда бобы трещиноваты, микропористы и содержат чешуйки хлорита. Нередко железистый хлорит заполняет беспорядочно расположенные трещинки высыхания. Местами гидрогетитовые бобы содержат мельчайшие включения хромшпинелидов, магнетита и гематита. Иногда гидрогематит окаймляет тонкой каймой гидрогетитовые бобы, а местами гидрогетит окорковывает хлоритовые бобы.

Среди бобов изредка встречаются оолиты, имеющие концентрически скорлуповатое строение. Количество концентров обычно не больше двух-трех. В одном и том же оолите концентры могут состоять из хлорита и гидрогетита. Некоторые из оолитов в середине имеют гидрогетитовое ядро, а затем наблюдается чередование хлоритовых и гидроге-

титовых концентров. Местами имеются оолиты, сложенные из железистых хлоритов.

Цемент слагает железистые хлориты и гидрогетит, в незначительном количестве иногда примешиваются гидрогематит и эренвертит. Железистый хлорит в главной массе является изотропным и окрашенным в бурый цвет. Гидрогетит, образующий в цементе небольшие участки, имеет оранжево-красный цвет и скрытокристаллическое строение. И в том и в другом в небольшом количестве рассеяны мелкие чешуйки зеленого анизотропного железистого хлорита. Эренвертит и гидрогематит в цементе встречаются в виде небольших участков или мелких включений в буром изотропном хлорите (фиг. 11).

Глинистые гидрогетит-хлоритовые бобово-оолитовые руды представляют собой довольно плотную массу, местами трещиноватую с серовато-лиловато-черными марганцовистыми налетами по трещинкам. Бобы имеют различные размеры, от 0.2 до 0.6 см, и до-



Фиг. 10. Гидрогетит-хлоритовая бобово-оолитовая руда с обильными включениями бобов и оолитов

вольно правильную шарообразную, реже угловатую, форму. Большая часть их сложена рыхлым гидрогетитом, имеющим темнобурую или коричневою черту.

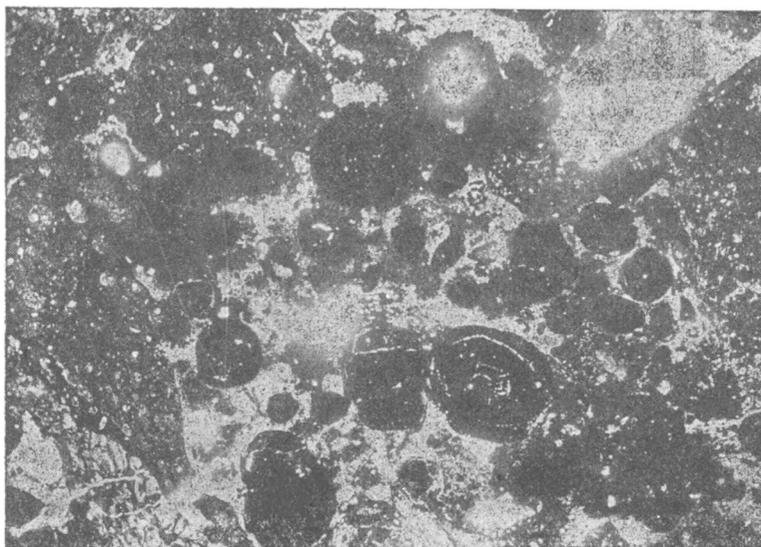
Концентрация бобов в руде не везде одинакова: одни участки сильно насыщены бобами, в других главную массу образует цемент. В массе бобовой руды изредка выделяются мелкие жеоды неправильной округлой формы, выполненные рыхлым гидрогетитом. Цементом этих руд является ожелезненная глинисто-хлоритовая масса, которая в довольно большом количестве содержит мелкие и более крупные включения темновато-белого каолинита округло неправильной формы и частицы оруденелой древесины.

Под микроскопом бобы в главной массе сложены гидрогетитом, реже эренвертитом и очень редко гидрогематитом. Довольно часто бобы пористые, трещиноватые, причем трещины то радиальные, то концентрические. Повидимому, они образовались в процессе ссыхания. Часто трещинки выполняют хлорит, каолинит, реже гидраргиллит, образуя тончайшие зигзагообразные прожилочки. Редко бобы состоят из одного минерального вещества, обычно они содержат мельчайшие включения хромшпинелида, магнетита и кварца.

Изредка среди бобов встречаются оолиты концентрически-скорлуповатого строения, состоящие из гидрогетита и хлорита.

· Цементирующую массу бобовых глинистых гидрогетит-хлоритовых руд слагают местами железистый хлорит, каолинит, в незначительном количестве гидрогетит, небольшими участками бурый изотропный хлорит. В других участках цементом являются хлорит, глинистое вещество, гидрогетит и в небольшом количестве гидрагиллит и зерна кварца. Тонкие чешуйки глинистого вещества рассеяны равномерно по всей руде, но местами образуют неправильной формы скопления, которые иногда окорковываются гидрогетитом. Изредка в цементе встречаются оруденелые остатки растений с сохранившимся местами клеточным строением; они большей частью замещены гидрогетитом.

Песчанистые гидрогетит-хлоритовые бобово-оолитовые руды имеют светложелтовато-бурый или зеленовато-коричневый цвет. Плотность их различная, удельный вес небольшой. Руды от-



Фиг. 11. Гидрогетитовые бобы (черные) в хлоритовом цементе (светлосерое). Гидрогетит-хлоритовая бобово-оолитовая руда,  $\times 20$ . Николи ]

личаются малой крепостью и при легком ударе рассыпаются. От вышеописанных бобово-оолитовых руд они отличаются главным образом составом цемента и редким расположением бобов. В цементе в довольно большом числе встречаются мелкие гальки каолинита и, реже, гидрагиллита и халцедона.

Под микроскопом бобы имеют округлую форму, размеры их 0.4—0.5 см. Бобы сложены главным образом гидрогетитом, очень редко гидрогематитом. Они также пористы, трещиноваты и часто содержат песчинки полевого шпата и кварца.

Цемент в главной массе сложен темнобурым хлоритом скрытокристаллического строения, который местами очень сильно импрегнирован бурыми окислами железа. В довольно большом количестве в цементе содержатся песчинки кварца и полевого шпата, равномерно распределенные в его массе. Нередко тонкие чешуйки каолинита и гидрагиллита входят в состав цемента, образуя в нем небольшие участки.

Химический состав бобово-оолитовых руд приведен в таблице 8.

Грубослоистые гидрогетит-хлоритовые руды. Руды этого типа желтовато- или коричневатобурого цвета; они плотны и крепки; в обнажении имеют сплошной характер. Слоистость в них вы-

Химический состав бобово-оолитовых руд (штуфные пробы, в.%)

Компоненты	1 Обр. 3, д. 2а, л. 26. Гидроге- тит-хлоритовые руды (нор- мальные)	2 Обр. 4, д. 1а, л. 11. Гидроге- тит-хлорито- вые руды (нор- мальные)	3 Обр. 4, д. 2а, л. 4. Гидроге- тит-хлори- товые руды (нормальные)	4 Обр. 4, д. 3а, л. 1. Глини- стые гидроге- тит-хлорито- вые руды	5 Обр. 5, д. 3а, л. 7. Глини- стые, гидроге- тит-хлорито- вые руды	6 Обр. 3, д. 3а, л. 7. Глини- стые гидроге- тит-хлорито- вые руды	7 Обр. 5, д. 3а, л. 1. Песчани- стые гидроге- тит-хлорито- вые руды
SiO <sub>2</sub> . . . . .	15.28	18.7	28.16	11.86	14.80	19.01	6.56
TiO <sub>2</sub> . . . . .	не опр.	0.73	0.75	не опр.	0.65	0.77	не опр.
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	19.42	18.41	21.73	24.77	25.11	37.39	37.57
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2.47	2.02	0.83	1.02	1.96	3.16	0.26
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	42.19	44.45	27.93	44.21	24.95	21.93	32.47
FeO . . . . .	0.11	0.2	0.89	0.53	2.26	0.23	0.21
MgO . . . . .	1.51	не опр.	1.57	0.58	не опр.	—	0.29
MnO . . . . .	0.38	0.32	0.06	0.14	0.44	0.08	0.40
CaO . . . . .	0.42	не опр.	0.84	0.27	не опр.	—	0.45
NiO . . . . .	0.36	0.23	0.15	—	0.22	0.10	0.03
CoO . . . . .	0.05	следы	0.00	0.013	0.012	не опр.	1.012
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	не опр.	не опр.	не опр.	0.39	не опр.	—	0.30
H <sub>2</sub> O + . . . . .	7.73	9.60	10.90	13.47	9.17	10.09	21.27
H <sub>2</sub> O — . . . . .	3.99	5.70	6.42	2.65	4.68	6.58	1.11
Сумма . . . . .	93.91	100.36	100.23	99.90	84.25	99.34	101.93
Fe . . . . .	29.61	31.27	20.23	31.36	15.53	19.22	22.89
Cr . . . . .	1.68	1.37	0.56	0.69	2.15	1.33	0.18
Ni . . . . .	0.28	0.18	0.12	—	0.17	0.08	0.02
Co . . . . .	0.04	следы	0.00	0.01	0.01	не опр.	0.01

Анализы 2, 3, 5, 6 произведены в лаборатории ИГН АН СССР, аналитик В. Н. Малышева, 1938 г. Остальные анализы произведены в полевой лаборатории ИГН АН СССР, 1937 г.

ражена неясно, и лишь местами встречаются участки, состоящие из слоечков гидрогетита и железистого хлорита.

Минералогический состав руд: железистый хлорит и гидрогетит, с незначительной примесью гидрогематита, хромшпинелидов и магнетита. Хлорит и гидрогетит встречаются в общем в равных количествах, преобладает то хлорит, то гидрогетит. Железистый хлорит бурый, изотропный, слагает небольшие участки, иногда образует оолиты, концентрически-скорлуповатого строения. Присутствует также зеленый мелкокристаллический железистый хлорит, в виде тонких слоев или скоплений; очень редко он образует сферолиты. Гидрогетит слагает в руде сплошные массы, наблюдается также в виде слоечков или небольших скоплений. Цвет его желтовато-оранжевый. Гидрогематит, магнетит и хромшпинелиды встречаются в виде кластических зерен.

Грубослоистые гидрагиллит-гидрогетит-хлоритовые руды представляют собой довольно плотную, крепкую, легковесную породу буровато-желтого цвета. Местами содержат мелкие включения каолинита и гидрагиллита. Нередко в руде наблюдаются червеобразные выделения бурого хлорита, который местами обохривается и переходит в порошокватую массу. В руде имеются пустотки, иногда с псевдоморфозами гидрогетита по карбонату. Слоистость руды выражена неясно.

Микроскопически в состав этих руд входят: железистый хлорит, гидрагиллит, чешуйки глинистого вещества; в качестве незначительных примесей: гидрогетит, магнетит, полевой шпат и хромшпинелиды.

Железистый хлорит бурый, изотропный, в большинстве случаев является главной составной частью руды, в которой образует неправильные участки. Местами он разъедается гидрагиллитом. Имеются участки, ядро которых состоит из бурого изотропного хлорита, а в окружающих тонких зонах хлорит чередуется с гидрагиллитом. В незначительном количестве встречается зеленый анизотропный хлорит, чешуйки которого довольно равномерно распределяются по всей руде.

Гидрагиллит в этих рудах присутствует в довольно большом количестве. Мелкие и более крупные чешуйки его образуют в руде небольшие участки; иногда тонкие прожилки гидрагиллита окорковывают обломки изотропного хлорита и гидрогетита, образуя кокардовую, местами жеодовую, текстуру (фиг. 12).

Тонкослоистые гидрогетит-хлоритовые руды имеют зеленовато-желтый или желтовато-бурый цвет. Они представляют собой то плотную, крепкую, с довольно большим удельным весом руду, то рыхлую, пористую и легковесную массу. Текстура руды местами выступает резко: тонкие пропластки железистого хлорита переслаиваются с гидрогетитом, реже с гидрогематитом. Местами слоистость в руде выражена неясно, и тогда мы имеем весьма сложное переплетение зеленовато-бурой чешуйчатой гидрогетит-хлоритовой массы. Иногда на плоскостях слоистости встречаются мелкие желтовато-бурые выделения железистого хлорита. Довольно часто в руде наблюдаются тончайшие, а иногда более мощные (до одного сантиметра) слоечки гидрогетита; последний образует также небольшие гнезда. Руда трещиновата, и по трещинкам нередко выделяются лиловато-черные корочки марганцовистых окислов. Очень редко тонкослоистые руды в небольшом количестве содержат обломки карбонатизированного змеевика.

В некоторых участках месторождений (линия 2б, дудка 5а, или линия 2, шурф 2) встречаются тонкослоистые хлоритовые руды, которые от вышеописанных тонкослоистых руд отличаются своим темнозеленым цветом. Местами слоистость в них выражена неясно. Иногда хлоритовые руды обохриваются, приобретают охристо-бурый цвет, и при сильном развитии этого процесса в них начинает преобладать гидрогетит.

Под микроскопом текстура руды выступает не везде ясно. Тончай-

шие прожилки хлорита, чередующиеся с прослойками гидрогетита, не всегда строго параллельны: местами они изгибаются, обрываются или выклиниваются. Довольно часто тоненькие слюечки переходят в более мощные, разветвляются на два, на три слоя. Толщина слоев также не выдержана, мощность их колеблется от 0.02 до 0.3—0.6 мм.

Гидрогетит-хлоритовые руды состоят из железистого хлорита и гидрогетита с незначительным количеством гидрогематита, магнетита, хромшпинелидов, реже серпентина, карбоната, кварца и асболан-вада. Бурый изотропный железистый хлорит преобладает в этих рудах. Он выделяется в виде тонких слоечков, местами образует небольшие участки. Встречается также зеленый мелкочешуйчатый анизотропный железистый хлорит, который образует тонкие слюечки или включения в буром хлорите. Очень редко чешуйки зеленого хлорита принимают форму брусочков. Гидрогетит встречается в подчиненном количестве; он образует пропластки в руде, замещающая железистый хлорит. Эренвертит выделяется по трещинкам, пересекая хлоритовые и гидрогетитовые прослойки; по-



Фиг. 12. Гидрогетит, железистый хлорит (черное), гидраргиллит (белое) в гидраргиллитогидрогетит-хлоритовой грубослоистой руде,  $\times 20$ . Николи ||

степенно замещающая их, он образует небольшие участки. Магнетит в виде точечных выделений распределяется по слоистости руды. Серпентин в тонкослоистых рудах представлен хризотилом и антигоритом; здесь они имеют незначительное распространение и находятся в виде обрывков тонких шнурочков и редко в виде мелких обломков.

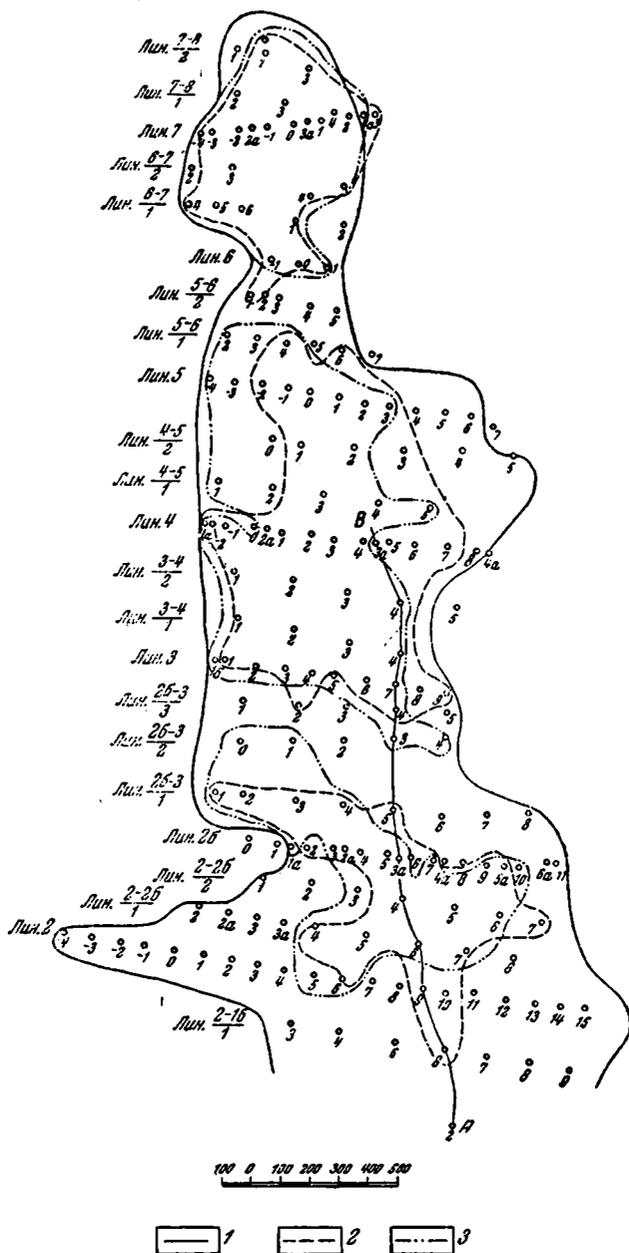
Гидрогематит и асболан-вад выделяются главным образом по трещинкам, образуя тончайшие прожилочки.

Хромшпинелид и карбонат в руде имеют незначительное распространение; они встречаются в виде отдельных округлых зерен.

Тонкослоистые гидрогематит-хлоритовые руды на Ново-Петропавловском месторождении имеют незначительное распространение. Макроскопически они резко отличаются от гидрогетит-хлоритовых руд своим кирпично- или вишнево-красным цветом. Руды эти довольно плотные и крепкие, текстура руды выражена неясно. Местами гидрогематит-хлоритовые тонкослоистые руды разбиты трещинами, и по трещинкам наблюдаются налеты окислов марганца.

Под микроскопом главная масса представлена изотропным бурым

хлоритом, тонкие слоечки которого чередуются с слоечками гидрогематита и с чешуйками анизотропного хлорита. Местами тонкие слоечки гидрогематита обрываются и образуют неправильные участки среди бурого изотропного хлорита.



Фиг. 13. Схематический план распределения различных типов руд по центральной залежи Ново-Петропавловского железорудного месторождения. Составлен Б. Е. Ягановой.

1—граница рудного тела по Рудницкому; 2—граница бовово-оолитовых руд; 3—граница слоистых руд.

В незначительном количестве в руде встречаются гидрогетит, магнетит и хромшпинелид.

Химические анализы слоистых руд приведены в табл. 9.

Химический состав слоистых руд (штурфовые пробы, в %)

Компоненты	1 Обр. 8, д. 3а, л. 7. Грубослоистые гидрогетит-хлоритовые	2 Обр. 3, д. 5а, л. 2б. Грубослоистые гидраргиллитогидрогетит-хлоритовые	3 Обр. 2, д. 5а, л. 2б. Грубослоистые гидраргиллитогидрогетит-хлоритовые	4 Обр. 5, д. 2а, д. 2б. Тонкослоистые гидрогетит-хлоритовые	5 Обр. 4, д. 5а, л. 2б. Тонкослоистые гидрогетит-хлоритовые	6 Обр. 8, д. 1а, л. 11. Тонкослоистые гидрогетит-хлоритовые	7 Обр. 7, д. 2а, л. 4. Тонкослоистые гидрогетит-хлоритовые
SiO <sub>2</sub> . . . . .	10.22	19.19	17.49	16.12	23.15	12.69	11.25
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.06	0.08	не опр.	не опр.	не опр.	0.11	0.09
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	6.51	32.39	30.11	9.64	13.83	12.72	4.62
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0.47	0.92	2.14	1.51	1.50	1.70	1.94
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	50.99	21.21	25.07	52.51	36.29	53.17	48.86
FeO . . . . .	—	2.24	0.43	0.38	5.47	—	0.00
MgO . . . . .	4.28	1.02	1.52	1.78	1.08	не опр.	6.04
MnO . . . . .	10.01	0.04	0.14	0.35	0.17	1.60	4.23
CaO . . . . .	0.06	0.49	0.43	0.50	0.58	не опр.	4.03
NiO . . . . .	0.94	0.27	0.36	0.2	0.77	0.81	0.8
CoO . . . . .	не опр.	0.02	0.02	0.08	0.051	0.44	0.08
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.21	0.43	0.38	не опр.	0.41	не опр.	не опр.
H <sub>2</sub> O + . . . . .	15.20	16.41	17.12	11.21	9.93	10.92	8.59
H <sub>2</sub> O — . . . . .		5.5	5.67	5.45	7.33	5.34	5.71
Сумма . . . . .	98.95	100.21	100.88	99.73	100.56	99.50	96.24
Fe . . . . .	35.69	16.59	17.88	37.05	29.67	37.22	34.20
Cr . . . . .	0.32	0.63	1.46	1.03	1.02	1.16	1.32
Ni . . . . .	0.73	0.21	0.28	0.016	0.60	0.63	0.62
Co . . . . .	не опр.	0.015	0.015	0.06	0.04	0.34	0.06

Анализы 6, 7 произведены в лаборатории ИГН АН СССР, аналитик В. Н. Малышева, 1938 г. Остальные анализы произведены в полевой лаборатории ИГН АН СССР, 1937 г.

## Промышленная характеристика руд

Учитывая кондиционные требования, можно на Ново-Петропавловском месторождении выделить следующие промышленные типы руд: 1) комплексные хромо-никелевые, или слоистые руды, 2) хромистые, или бобово-оолитовые руды и 3) глиноземистые руды.

На основе разведок 1929—1931 гг. и дудок, пройденных отрядом Академии Наук в 1937 г., мы пытались установить в пределах каждой залежи площадное распространение различных типов руд. Конечно, эти контуры не вполне точны, так как часть дудок засыпана, а отвалы дудок распаханы. Первичная же документация разведки 1929—1931 гг. не различала типов руд по составу и строению, а поэтому не заключала нужных данных. Произвести опробование различных типов руд по нескольким разведочным линиям нам не удалось, так как многие дудки засыпаны, и по каждому типу представилось возможным взять лишь по одной бороздовой пробе.

Распространение основных промышленных типов руд показано на фиг. 13.

Комплексные хромо-никелевые руды. К этому типу можно отнести как грубослоистые, так и тонкослоистые гидрогетит-хлоритовые руды. По химико-минералогическому составу эти руды мало отличаются друг от друга и при эксплуатации месторождения вполне могут быть объединены под общим термином слоистых руд.

Слоистые руды в пределах оконтуренной центральной залежи пользуются довольно широким распространением. Они протягиваются в меридиональном направлении в виде отдельных участков неправильной формы. В северной части залежи слоистые руды наблюдаются от самой границы рудного тела до линии  $\frac{5-6}{2}$  на протяжении 0.8 км при ширине 0.65 км; площадь равна примерно 0.52 км<sup>2</sup>. Второй оконтуренный участок начинается от линии  $\frac{5-6}{1}$  и продолжается до линии  $\frac{26-3}{3}$ ; длина участка 1.2 км, ширина в среднем 0.6 км, площадь 0.7 км<sup>2</sup>. Третий участок располагается в южной части центральной залежи. Здесь узкая полоса слоистых руд от линии  $\frac{26-3}{1}$  постепенно расширяется к линии 2, занимая площадь примерно в 0.2 км<sup>2</sup>.

Слоистые руды распространены также и в северной залежи, но там они встречены только по линии 11 в дудке 1а.

Химический состав слоистых руд по имеющимся анализам штучных проб приведен в табл. 10.

Таблица 10

Компоненты	От	До	Среднее
SiO <sub>2</sub> . . . . .	10.22	23.15	14.69
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.06	0.11	0.09
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	4.62	13.83	9.46
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	36.29	53.17	48.36
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0.47	1.94	1.42
FeO . . . . .	0.00	5.47	1.95
MnO . . . . .	0.17	10.01	3.27
CaO . . . . .	0.06	4.03	1.19
MgO . . . . .	1.08	6.04	3.29
NiO . . . . .	0.02	0.94	0.56
CoO . . . . .	0.05	0.44	0.16
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.21	0.41	0.31
H <sub>2</sub> O . . . . .	14.30	17.26	15.94
Fe . . . . .	29.67	41.69	34.77
Ni . . . . .	0.016	0.73	0.44
Co . . . . .	0.04	0.34	0.12
Cr . . . . .	0.32	1.32	0.97

Химический анализ бороздовой пробы тонкослойной гидрогетит-хлоритовой руды (дудки 2а, линии 2б, проба 2) дал следующий результат (табл. 11).

Таблица 11

Химический состав слоистой руды по бороздовой пробе (в %)

Компоненты	Колич.	Компоненты	Колич.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	15.88	MnO . . . . .	1.13
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.12	NiO . . . . .	1.62
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	9.91	CoO . . . . .	0.06
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	52.10	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.49
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1.51	H <sub>2</sub> O . . . . .	15.65
FeO . . . . .	0.00		
		Сумма . . . .	98.47

Химическая лаборатория ИГН АН СССР, аналитик  
А. И. Пономарев.

Сравнивая эти данные с анализом штучного образца по той же дудке (табл. 9, анализ 4, обр. 6, д. 2а, л. 2б), мы видим, что результаты вполне совпадают как в отношении железа, так и примесей хрома, кобальта и остальных компонентов. Надо заметить, что такое совпадение результатов наблюдалось и на других Халиловских месторождениях: Ново-Киевском, Мало-Халиловском и Орловском, где в 1938 г. М. И. Калгановым было проведено бороздовое опробование различных типов руд.

Судя по анализам штучных образцов, слоистые руды Ново-Петропавловского месторождения отличаются от других халиловских руд несколько пониженным содержанием железа, хрома и никеля. Однако отношение хрома к никелю в слоистых рудах удовлетворяет требованиям ГУМП 1935 г., и они в промышленности вполне могут быть использованы как комплексные хромо-никелевые руды.

**Хромистые руды.** К хромистым рудам можно отнести бобово-оолитовые гидрогетит-хлоритовые руды, довольно широко распространенные здесь, примерно, в тех же контурах, что и слоистые руды (см. фиг. 13). Общая площадь распространения хромистых руд составляет, примерно, 1,45 км<sup>2</sup>. Они слагают верхние горизонты рудного тела, мощностью от 0,75 до 6,25 м, в среднем 3,4 м.

В некоторых участках рудной толщи бобовая руда в различных направлениях разбита трещинами и довольно легко разбирается. В других местах руда в выработках имеет сплошной характер, и добыча их будет связана с применением взрывных работ.

Имеющиеся анализы штучных проб даны в табл. 12.

Химический состав бороздовой пробы бобово-оолитовой гидрогетит-хлоритовой руды, взятой в дудке 2а, линии 7, проба 1, от 10 до 13 м, даны в табл. 13.

Из приведенных анализов можно установить, что бобово-оолитовые гидрогетит-хлоритовые руды отличаются сравнительно низким содержанием железа и никеля. В них при сравнительно невысоком содержании хрома, в виду малого содержания никеля отношение хрома к никелю высокое. Соответственно эти руды нельзя относить к комплексным, но они могут быть использованы как хромистые руды.

**Глиноземистые руды.** Гипроцементом в 1938 г. были выработаны следующие кондиции на халиловские железные руды: отношение глинозема к кремнезему должно быть не менее 0,8; содержание никеля и хрома должно полностью удовлетворять кондиционным требова-

Таблица 12

Химический состав бобово-оолитовых гидрогетит-хлоритовых руд по 4 анализам штучных проб (в %)

Компоненты	От	До	Среднее
SiO <sub>2</sub> . . . . .	14.80	28.16	20.72
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.73	0.75	0.74
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	18.41	21.73	19.85
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	23.63	44.45	36.58
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0.83	2.47	1.77
FeO . . . . .	0.11	0.89	0.34
MnO . . . . .	0.06	0.38	0.25
CaO . . . . .	0.42	0.84	0.68
MgO . . . . .	1.51	1.57	1.54
NiO . . . . .	0.14	0.36	0.17
CoO . . . . .	0.00	0.05	0.04
H <sub>2</sub> O . . . . .	11.72	17.32	14.60
Fe . . . . .	16.62	31.80	25.86
Ni . . . . .	0.11	0.28	0.13
Co . . . . .	0.00	0.03	0.03
Cr . . . . .	0.56	1.68	1.20

Таблица 13

Химический состав бобово-оолитовых руд по борзодовой пробе (в %)

Компоненты	Колич.	Компоненты	Колич.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	20.03	NiO . . . . .	0.37
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.69	CoO . . . . .	0.05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	13.97	MnO . . . . .	0.51
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	44.91	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.35
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1.70	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.06
FeO . . . . .	0.07	S . . . . .	0.04
MgO . . . . .	1.79	H <sub>2</sub> O . . . . .	14.44
CaO . . . . .	0.52		
		Сумма . . . . .	99.50

ниям для получения хромо-никелевого чугуна. Глиноземистые руды Ново-Петропавловского месторождения вполне удовлетворяют этим условиям, хотя и отличаются несколько пониженным содержанием никеля и железа.

К глиноземистым рудам можно отнести: глинистые и песчаные гидрогетит-хлоритовые бобово-оолитовые, а также гидраргиллит-гидрогетит-хлоритовые грубослоистые руды. Глинистые и песчаные гидрогетит-хлоритовые бобово-оолитовые руды отличаются присутствием значительного количества галек и неправильных выделений каолиновой глины. Встречаются эти руды главным образом в южной залежи по линиям I и II, где они залегают в виде небольших линз мощностью около 2 м, а также и по линиям 7 и 26 в центральной залежи; здесь они слагают верхнюю часть гидрогетит-хлоритовых бобово-оолитовых руд и имеют небольшую мощность. Гидраргиллит-гидрогетит-хлоритовые грубослоистые руды мощностью 1.75 м встречены по линии 26 в дудке 5а под бобово-оолитовыми рудами.

Несомненно, при детальном опробовании месторождения площадь распространения глиноземистых руд увеличится.

Химическая характеристика глиноземистых руд по имеющимся анализам штучных проб приведена в табл. 14.

Таблица 14

Химический состав глиноземистых руд по данным 4 анализов штучных проб (в %)

Компоненты	От	До	Среднее
SiO <sub>2</sub> . . . . .	6.56	19.19	9.74
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.08	0.77	0.5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	24.72	37.57	31.21
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	21.21	44.21	28.30
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0.26	3.16	1.57
FeO . . . . .	0.21	2.26	0.98
MnO . . . . .	0.04	0.44	0.21
CaO . . . . .	0.27	0.49	0.41
MgO . . . . .	0.29	1.02	0.85
NiO . . . . .	0.00	0.37	0.15
CoO . . . . .	0.012	0.05	0.02
H <sub>2</sub> O . . . . .	10.28	28.85	11.18
Fe . . . . .	15.07	32.70	20.57
Ni . . . . .	0.00	0.29	0.12
Co . . . . .	0.009	0.03	0.016
Cr . . . . .	0.18	2.15	1.06

Химический состав грубослоистой гидраргиллито-хлоритовой руды, взятой по линии 26 из дудки 5а (проба 2 на глубине от 9.5 до 11.6 м), приведен в табл. 15.

Таблица 15

Химический состав глиноземистой руды по бороздовой пробе (в %)

Компоненты	Колич.	Компоненты	Колич.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	20.72	NiO . . . . .	0.19
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.14	CoO . . . . .	0.02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	26.50	MnO . . . . .	0.28
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	28.27	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.34
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1.44	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.03
FeO . . . . .	0.21	S . . . . .	0.04
CaO . . . . .	0.73	H <sub>2</sub> O . . . . .	19.23
MgO . . . . .	1.52		
		Сумма . . . . .	99.66

Необходимо отметить, что грубослоистые гидраргиллит-хлоритовые руды отличаются несколько пониженным содержанием глинозема в противоположность песчанистым гидрогетит-хлоритовым бобово-оолитовым рудам, в которых отношение глинозема к кремнезему доходит до 5.6.

Из приведенных анализов можно установить, что глиноземистые руды отличаются сравнительно бедным содержанием железа, в среднем около 20%, никеля 0.15%, отношением Cr и Ni = 7 и отношением глинозема к кремнезему в среднем 3.2; следовательно, глиноземистые руды Ново-Петропавловского месторождения вполне удовлетворяют требованиям Главцемента и могут быть использованы для цементной промышленности.

На Ново-Петропавловском месторождении встречаются в небольшом количестве вторично переотложенные руды, представляющие собой рудный делювий, состоящий из слабо скатанных кусков гидрогетит-хлоритовых тонкослоистых и бобово-оолитовых руд, сцементированных глинистой массой. Эти руды могут добываться вместе с бобово-ооли-

товыми гидрогетит-хлоритовыми рудами, но нуждаются в обогащении грохочением для удаления глинистой массы.

Кроме приведенных промышленных типов, можно еще выделить корковые руды, представляющие собой оруденелую поверхностную зону коры выветривания серпентинитов, мощностью 1.5—3 м. Они имеют незначительное распространение, представляют крепкую кавернозную руду.

О содержании железа и других примесей в этой зоне можно судить лишь по одному имеющемуся штучному анализу:

#### Химический состав корковой руды (в %)

SiO <sub>2</sub> . . . . .	5.9
MnO . . . . .	0.99
Fe . . . . .	51.10
Ni . . . . .	1.72
Co . . . . .	0.1
Cr . . . . .	0.58

Отношение хрома к никелю 0.34; содержание никеля повышенное.

Местами рудную толщу подстилает охристо-нонтронитовая зона коры выветривания серпентинита, химическая характеристика которой приведена в следующем анализе:

#### Химический состав охристо-нонтронитовой зоны (в %)

SiO <sub>2</sub> . . . . .	29.27
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	4.48
MnO . . . . .	1.55
Fe . . . . .	26.67
Ni . . . . .	0.79
Co . . . . .	0.045
Cr . . . . .	0.95

Отношение хрома к никелю 1.20.

Последние два анализа показывают, что корковые руды и породы охристо-нонтронитовой зоны по содержанию железа и примесей могут быть вполне использованы промышленностью.

### Распределение примесей в рудном теле

Исходя из всех имеющихся химических анализов руд Ново-Петропавловского месторождения, можно установить некоторую закономерность в распределении отдельных компонентов в рудной толще.

Титан концентрируется главным образом в верхних горизонтах рудной толщи. В бобово-оолитовых рудах содержание TiO<sub>2</sub> колеблется от 0.73 до 0.75%. В слоистых рудах содержание TiO<sub>2</sub> в общем ниже — от 0.06 до 0.67%.

Хром. Содержание Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в рудной толще очень неравномерно; максимального количества Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> достигает в гидрогетит-хлоритовых бобово-оолитовых рудах, где оно составляет от 0.83 до 2.47%. В слоистых рудах содержание Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> несколько понижается и держится в пределах от 0.19 до 1.94%.

Марганец в рудах содержится в различных количествах; в бобово-оолитовых рудах MnO от 0.06 до 0.38%, в слоистых рудах от 0.14 до 1.6%. Повышенное содержание марганца обнаружено в двух анализах слоистых руд, здесь оно достигает 4.23 и 10.3%.

Никель приурочен главным образом к нижним горизонтам рудной толщи. В бобово-оолитовых рудах он встречается в незначительных количествах — в среднем содержание Ni 0.17%. В слоистых рудах содержание Ni варьирует от 0.14 до 0.93%.

Кобальт концентрируется также в нижних горизонтах рудной толщи. В бобово-оолитовых рудах кобальта от следов до 0.04%, в слоистых рудах в среднем 0.085%.

## 2. ГЕОРГИЕВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

(А. Л. Яницкий) \*

### Местоположение и орогидрография

Георгиевское железорудное месторождение расположено в 20 км на север от ст. Халилово. Географические координаты рудного участка: 51°32' — 51°35' с. ш. и 58°7' — 58°9' в. д. Из ближайших населенных пунктов следует указать пос. Георгиевский, находящийся в 1.5 км к северу от месторождения, от которого последнее получило свое название. В 2.5 км к западу от месторождения находится пос. Ильесово-Мусино, а в 2.5 км на юго-восток поселок и рудник Ново-Киевский с железнодорожной веткой Ново-Киевка — ст. Губерля. Эта ветка связывает Ново-Киевский рудник с железнодорожной магистралью Чкаловск — Орск — Челябинск.

Месторождение занимает участок, находящийся почти в центральной части планшета М—40—41—А (фиг. 1) геологической карты Орско-Халиловского района, составленной ЦНИГРИ в 1935 г. в масштабе 1 : 50 000. Топографическая основа района месторождения имеется в масштабе 1 : 25 000 и 1 : 5000.

Георгиевское железорудное месторождение приурочено к платообразной водораздельной возвышенности («Сырт»), которая ограничена с севера, запада и с юга долинами р. Усайки и ее притоков Салырки и Скалки. К юго-западу от месторождения р. Усайка у пос. Яльчибаево впадает в р. Большую Губерлю.

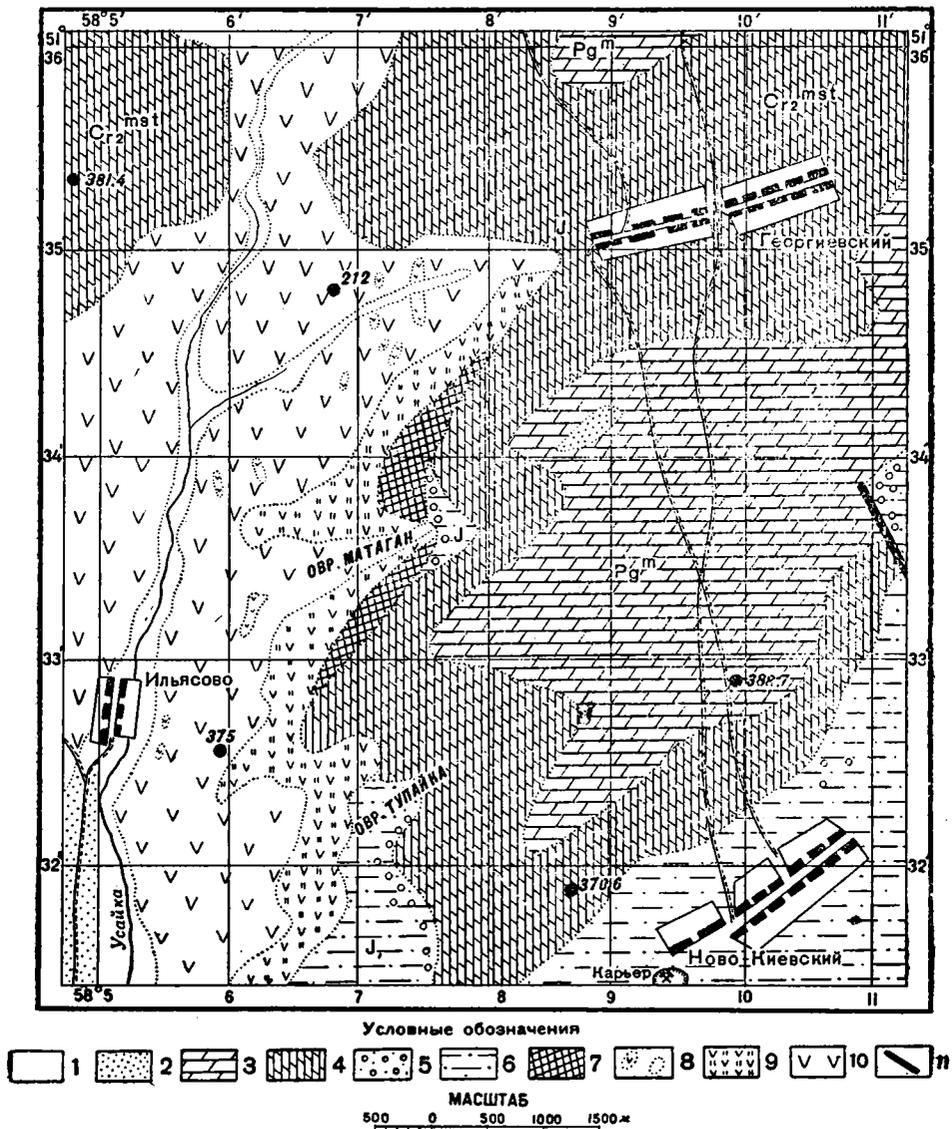
Долины рр. Скалки и Салырки вытянуты на 6—7 км на северо-восток и располагаются почти параллельно друг другу. Ширина этих долин местами достигает 1 км, а долина р. Усайки 2 км. В наиболее пониженных местах этих долин около рек встречаются заболоченные участки, частично поросшие травянистой и кустарниковой растительностью. Как правило, в долинах располагаются сельские поселения: в долине р. Скалки пос. Георгиевский, в долине р. Салырки пос. Ново-Киевский.

Указанная выше водораздельная возвышенность в центральной и восточной части имеет сравнительно ровную поверхность. Она сложена мезо-кайнозойскими отложениями: глинами, песчаниками, мергелями, опоками и галечниками, залегающими горизонтально, а местами с некоторым наклоном на восток и юго-восток. На восток эта возвышенность переходит в нагорную почти равнину. Северный и южный склоны водораздельной возвышенности по большей части носят пологий характер, западная же краевая часть этой возвышенности, сложенная серпентинитами без участия мезо-кайнозойских отложений, очень сильно расчленена оврагами и их отвержками и превращена в мелкосопочник. К наиболее значительным оврагам этой части участка принадлежат овраги Матаган и Тупайка (фиг. 2), прорезывающие западную часть рудного участка в северо-восточном направлении. Склоны этих оврагов нередко очень крутые.

Образованию мелкосопочника способствовали, с одной стороны, наличие глубокой долины р. Усайки и усиленная деятельность эрозии, а с другой — неравномерность силификации и карбонатизации серпентинитового массива в разных его местах. В образовании современных

\* ИГН. Выпуск 67. Серия рудных месторождений (№ 6), 1941.

форм рельефа большую роль сыграли и тектоника и жилые тела, прорезывающие серпентиниты. Северо-восточное и меридиональное направление речных долин (рр. Усайка, Скалка, Салырка) и оврагов (Ма-таган, Тупайка) совпадает с северо-восточным меридиональным простира-нием тектонических зон.



Фиг. 1. Геологическая карта Георгиевского железорудного месторождения.

1—новейшие речные отложения ( $Q_2$ ); 2—древние аллювиальные террасы ( $Q_1$ ); 3—опоки и глауконитовые песчаники с конгломератом ( $P^m_g$ ); 4—опоки, конгломераты и мергели с *Belemnitella lanceolata*; 5—песчано-галечные отложения ( $I_1$ ); 6—песчано-алевритоглинистые отложения ( $I_1$ ); 7—железные руды ( $I_1$ ); 8—плагиаплиты; 9—силицифицированные серпентиниты; 10—серпентиниты; 11—тектонический контакт.

Долина р. Большой Губерли является местным базисом эрозии для всего района. Наиболее повышенные абсолютные отметки водораздельной возвышенности имеются в северо-восточной части и достигают 380—390 м. В наиболее пониженных местах по долинам абсолютные высотные отметки колеблются в пределах 335—345 м.

## Краткий геологический очерк

В геологическом строении участка принимают участие палеозойские магматические породы и осадочные породы мезойского и третичного возраста.

### Палеозойские породы

Изверженные породы представлены здесь ультраосновным массивом, состоящим из серпентинитов, происшедших за счет перидотитов, а местами за счет дунитов.

Серпентиниты, сравнительно мало затронутые процессами выветривания, обычно имеют темнозеленую окраску. В них нередко наблюдаются сохранившиеся крупные зерна бастита. В более выветрелых местах серпентиниты приобретают светлую зеленовато-серую окраску. Выветрелые серпентиниты очень широко распространены в пределах рудного участка. Трещины в них обычно бывают выполнены кальцитом, кварцем, реже магнетитом, сидеритом и гидроокислами железа. Местами встречаются тончайшие прожилки псиломелан-вада.



Фиг. 2. Овраг Матаган. Георгиевское железорудное месторождение.

Под микроскопом главная масса породы представлена хризотилом, оптически положительным. Показатель преломления колеблется от 1.541 до 1.554. Имеются участки, где наряду с хризотилом и баститом встречаются пластинки антиторита. В шлифах часто наблюдаются рассеянные зерна хромшпинелидов, просвечивающие в краевых частях буровато-красным цветом. Магнетит рассеян в виде мельчайших точечных зерен, очень часто расположенных линейно в виде цепочек.

Карбонаты в выветрелых серпентинитах представлены главным образом кальцитом, реже магнетитом. Иногда в прожилках встречается сидерит, но в очень незначительных количествах. Показатели преломления карбонатов, определенные иммерсионным методом: у кальцита  $N_g = 1.656 \pm 0.002$ ,  $N_p = 1.489 \pm 0.002$ ,  $N_g - N_p = 0.167$ ; у магнетита  $N_g = 1.700 \pm 0.003$ ,  $N_p = 1.509 \pm 0.002$ ,  $N_g - N_p = 0.191$ .

Кварц по большей части тонкозернистый. Он аналогично карбонатам образует то мелкие прожилки, из которых нередко одни пересекают другие, то образует более значительные сплошные скопления в породе, замещающая серпентин.

Жильные тела представлены аплитами, состоящими из кварца, альбита и калневого полевого шпата с примесью иногда мусковита

и хлорита. По данным Кириченко (1935) несколько выходов этих пород имеется по оврагу Янкули ниже пос. Георгиевского и по р. Усайке в районе Ильясово-Мусино.

### Древняя кора выветривания

Древняя кора выветривания наблюдается в естественных обнажениях в западной части участка, где серпентиниты выходят на дневную поверхность из-под покрывающих их мезо-кайнозойских отложений. На восток кора выветривания прослеживается разведочными дудками и скважинами.

Кора выветривания на площади описываемого участка местами сильно карбонатизирована, местами силицифицирована и ожелезнена. Карбонатизированные участки древней коры выветривания состоят из зеленовато-серых серпентинитов, в большей своей части замещенных кальцитом.

Микроскопические исследования показывают, что в некоторых частях порода почти нацело состоит из мелкозернистого кальцита с небольшим количеством серпентина (хризотил) и кварца. Здесь можно видеть процессы замещения серпентина карбонатом, очень часто с сохранением сетчатой структуры этого серпентина.

Аналогичная картина наблюдается и в местах силицификации: основная масса породы сложена мелкозернистым кварцем и халцедоном с небольшим количеством кальцита и серпентина. Сетчатая структура первичной породы и в этом случае местами сохранилась. Как в карбонатизированных, так и в силицифицированных участках наблюдаются сохранившиеся, но часто сильно трещиноватые зерна хромшпинелидов и мельчайшие зерна магнетита.

Нередко эти карбонатизированные и окремнелые породы содержат прожилки и гнезда гидроокислов железа, а иногда тонкие прожилки псиломелан-вада или же гарниерита.

Ожелезненные или обохренные участки коры выветривания состоят главным образом из гидроокислов железа, кварца и кальцита. Реже встречаются серпентин, зерна хромшпинелидов, магнетит и сидерит. Образуются эти ожелезненные участки коры выветривания за счет замещения гидроокислами железа карбонатов, кварца и серпентина в карбонатизированной и силицифицированной зонах.

Силицифицированные плотные и ожелезненные продукты коры выветривания представляют собой довольно тяжеловесную буровато-коричневую или красновато-бурю массу, очень крепкую, с плоскораковистым и неровным изломом, которая при дроблении распадается на щебень с острыми краями. На фарфоровой пластинке обычно черты не дают. Местами в образцах невооруженным глазом можно видеть тонкие прожилки и мелкие гнезда, состоящие из мелкозернистой кварцевой массы. Иногда встречаются пустоты, стенки которых покрыты мелкими кристаллами кварца.

Под микроскопом основная масса представлена мелкозернистым кварцем, который частично замещен гидрогетитом и эренвертитом, причем замещение это то начинается с краевых частей зерен, то происходит одновременно как с периферии, так и с центральных их частей, куда железосодержащие растворы проникали по трещинкам. В некоторых шлифах хорошо видны процессы вставания в кварц игольчатых мельчайших микроскопических буровато-желтых кристалликов гидрогетита, ясно действующих на поляризованный свет (фиг. 3). Зерна хромшпинелидов размерами 0.05—2 мм рассеяны неравномерно.

Химический состав образца, взятого из силицифицированных плотных и ожелезненных продуктов коры выветривания, приведен в табл. 1.

Таблица 1

## Химический состав силицифицированных и ожелезненных продуктов коры выветривания (в %)

Компоненты	Колич.	Компоненты	Колич.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	64.19	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0.19
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.01	NiO . . . . .	0.17
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2.10	CoO . . . . .	0.01
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	28.75	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.15
FeO . . . . .	0.21	S . . . . .	0.01
MgO . . . . .	1.13	H <sub>2</sub> O ± . . . . .	3.87
MnO . . . . .	0.15		
CaO . . . . .	следы	Сумма . . .	100.94

Как видно, содержание Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в этих продуктах невысокое (28.75%), тогда как содержание кремнезема достигает очень значительной величины (64.19%). Количество никеля, кобальта и хрома незначительное.



Фиг. 3. Вростание по краям сгустковых выделений игольчатых кристаллов гидрогетита (черное) в кварц (белое),  $\times 120$ . Снято в проходящем свете.

Охристые порошковатые продукты выветривания имеют желтовато-бурую или яркожелтую окраску. Микроскопические исследования показывают, что в составе охристой массы принимают участие главным образом гидрогетит, реже эренвертит, хромшпинелиды, магнетит, псиломелан-вад, кальцит, железистый хлорит, местами кварц и халцедон. Гидрогетит микрозернистый, окрашен в желто-бурые и темнобурые цвета. В прозрачных шлифах гидрогетит ясно действует на поляризованный свет. Эренвертит, в отличие от гидрогетита, является изотропным. Он не действует на поляризованный свет и представляет собой сгустки железистого гидрогеля. Железистый хлорит изотропный, зеленовато-бурый. Показатель преломления хлорита равен 1.664 0.002.

Химический состав порошковатой охристой массы представлен в табл. 3. В отличие от силицифицированных плотных железистых про-

дуктов охристые характеризуются, во-первых, промышленным содержанием железа (около 66<sup>0</sup>/<sub>100</sub> Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) при сравнительно пониженном содержании SiO<sub>2</sub> и малом количестве Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; во-вторых, наличием легирующих примесей хрома, никеля и кобальта. Судя по этим данным, порошковатые охристые продукты коры выветривания могут быть отнесены к промышленным комплексным никель- и хромсодержащим железным рудам.

В некоторых местах ожелезненные продукты коры выветривания серпентинитов носят ноздревато-кавернозный или сетчатый характер, отражающий сетчатую текстуру первичной породы. Сетчатая часть их очень плотная, крепкая, темнобурого цвета, состоит из кварца и гидрогетита. Ячейки же этой сетки обычно выполнены желтой или бурой порошковатой охристой массой (гидрогетитом).

Химический состав этих частью силифицированных, а частью обохренных продуктов выветривания (из дудки 4а, обр. 18) характеризуется данными табл. 2.

Таблица 2

Химический состав ноздреватых ожелезненных продуктов коры выветривания (в %)

Компоненты	Коли .	Компоненты	Колич.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	48.64	CaO . . . . .	0.36
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.08	MgO . . . . .	1.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1.30	Ni . . . . .	0.29
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	41.11	Co . . . . .	0.01
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0.49	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.26
FeO . . . . .	0.11	S . . . . .	0.03
MnO . . . . .	0.13	H <sub>2</sub> O . . . . .	6.72
		Сумма . . .	100.53

По своему составу эти ноздревато-пористые и частично обохренные продукты коры выветривания, как видно, могут быть отнесены к низкосортным железным комплексным рудам, которые могут быть использованы и как добавка в шихту.

### Мезо-кайнозойская толща

Отложения юры в районе месторождения по большей части скрыты под меловыми и третичными осадками. Обнаруживаются они только местами в южной части месторождения по оврагу Тупайка, где покрывающие их породы размыты. Но и здесь хороших обнажений не встречается.

Юрские отложения относятся к континентальным осадкам и представлены железными рудами, глинами, алевритами, кварцевыми, кварцево-слюдистыми песками, гравием и галечником. Залегают они на неравномерно размытой поверхности серпентинитов и продуктов древней коры их выветривания.

Железные руды находятся в самом нижнем горизонте юрской толщи и по большей части представлены тонкослоистыми, грубослоистыми и бобово-оолитовыми гидрогетит-хлоритовыми рудами. Общая мощность рудной толщи в среднем около 1.5—2.0 м, иногда достигает 6 м, местами же она нацело смыта. Глины по большей части алевритовые, песчанистые и слюдистые. Они слоистые и реже тонкослоистые. Некоторые пропластки их содержат включения обломков обугленной древесины и, местами, остатки корней растений. Окраска глин и алевритов

бывает самая разнообразная: серая, темносерая, серовато-белая, желтая, палевая, красная и бурая. Среди некоторых прослоек можно встретить темнобурые или желтовато-бурые ожелезненные корочки. Мощность глин колеблется от 0 до 10—12 м.

Общая мощность юрских отложений на разведанном участке составляет от 0 на западной окраине (у выходов серпентинитов) до 20 м в восточной и юго-восточной его части. Флора, собранная в разное время О. П. Смирновой (1932), П. А. Безруковым и А. Л. Яншиным (1934) и др., по определению А. Н. Криштофовича, относится вероятнее всего к нижнеюрскому возрасту.

Меловые отложения представлены верхним мелом с двумя его фациями: континентальной и морской. Континентальные отложения верхнего мела ( $Cr_2^{m-t}$ ) встречены в южной части участка в районе оврага Тупайка. Они залегают на размытой поверхности юрских отложений и представлены глинами, песками и галечником. Глины серые, тонкослоистые, алевроитовые, местами довольно жирные. Имеют способность при высыхании распадаться на тонкие отдельные плитки. Пески серые, серовато-белые, тонко- или крупнозернистые, кварцевые и кварцево-слюдистые. Иногда они перемежаются с тонкослоистыми глинами. В прослойках песка часто встречаются отдельные гальки, но иногда галечник образует самостоятельные линзовидные прослойки. Гальки кремнистые, кварцевые и яшмовидные. По большей части они белые и темносерые. Мощность этих верхнемеловых континентальных отложений у оврага Тупайка достигает 2—3 м, к северу от оврага они выклиниваются.

Морские отложения верхнего мела ( $Cr_2^{ms^t}$ ) в районе месторождения пользуются очень большим распространением. Залегают они на неровной размытой поверхности континентальных отложений верхнего мела, юры и частично на продуктах древней коры выветривания серпентинитов. В самых нижних частях толщи они представлены довольно хорошо выдержанным горизонтом окатанной гальки (1—2 см), состоящей преимущественно из темных кремнистых и яшмовидных пород. Выше залегают толща серовато-белых мергелей, иногда обогащенных глауконитом. В различных горизонтах мергелистой толщи можно встретить прослойки серовато-белых опок. Общая мощность меловых отложений колеблется от 0 в западной части участка до 10—15 м и более в восточной его части.

Третичные отложения распространены к югу от пос. Георгиевского и к востоку от разведанного участка. Представлены они серовато-белыми и розовыми кварцевыми песками, гравием, конгломератами, опоками, мергелями и глауконитовыми песчаниками. Мощность их в районе разведанного участка около 2—3 м.

Четвертичные отложения встречаются к западу от участка по долине р. Усайки и представлены аллювиальными отложениями, гравием, галечником, песками, суглинками и глинами. Мощность их около 2—3 м.

## Тектоника

Тектонические подвижки, имевшие место в Орско-Халиловском районе в различные геологические эпохи, проявляются и в районе Георгиевского месторождения. В обнажениях серпентинитового массива, в полосе мелкосопочника местами ясно обнаруживаются тектонические трещины, сдвиги с плоскостями скольжения, смятия и сильная раздробленность пород.

Наблюдениями над мезо-кайнозойскими отложениями установлено, что последние имеют незначительный наклон на восток и юго-восток, по направлению к осевой части почти меридионально простирающейся

Баймакской синклинальной депрессии. Этот наклон, повидимому, был связан с опусканиями ее дна по мере того как происходило накопление в ней осадков. Железные руды отложились в виде почти меридионально вытянутой полосы вдоль западного борта этой синклинали.

Тектонические нарушения среди мезо-кайнозойских отложений были отмечены в 5—6 км к востоку от рудного участка геологами ЦНИГРИ при геологической съемке этого района в 1934 г.

### Форма и условия залегания рудного тела

Рудное тело представляет собой пластообразную залежь. По своей форме она почти ничем не отличается от других пластообразных залежей железных руд Халиловских месторождений, за исключением того, что в некоторых местах она размыта и расчленена в гораздо большей мере, чем это отмечается для других месторождений.

При описании рудной площади мы довольно подробно останавливаемся на контурах рудных залежей и указываем, что как северная, так и южная залежи имеют на плане неправильную удлинненную форму, которая в виде полосы вытянута в северо-восточном направлении.

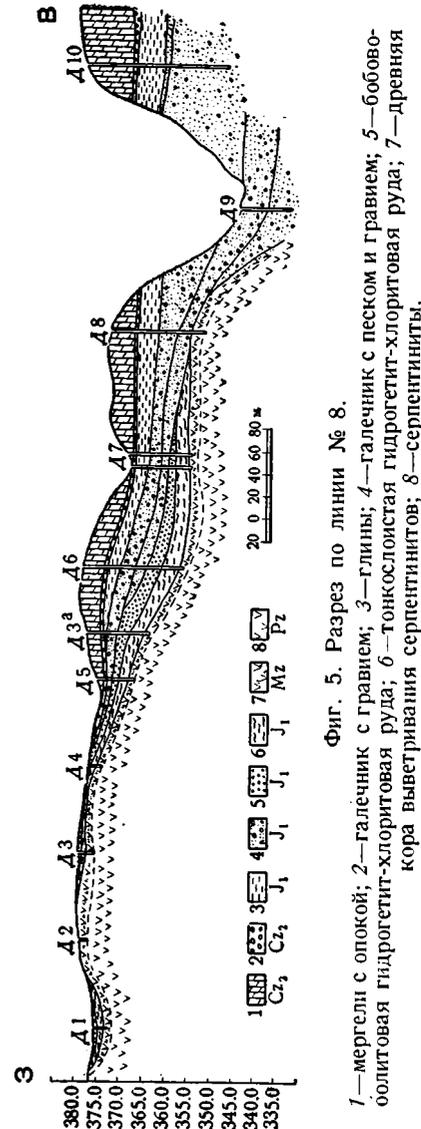
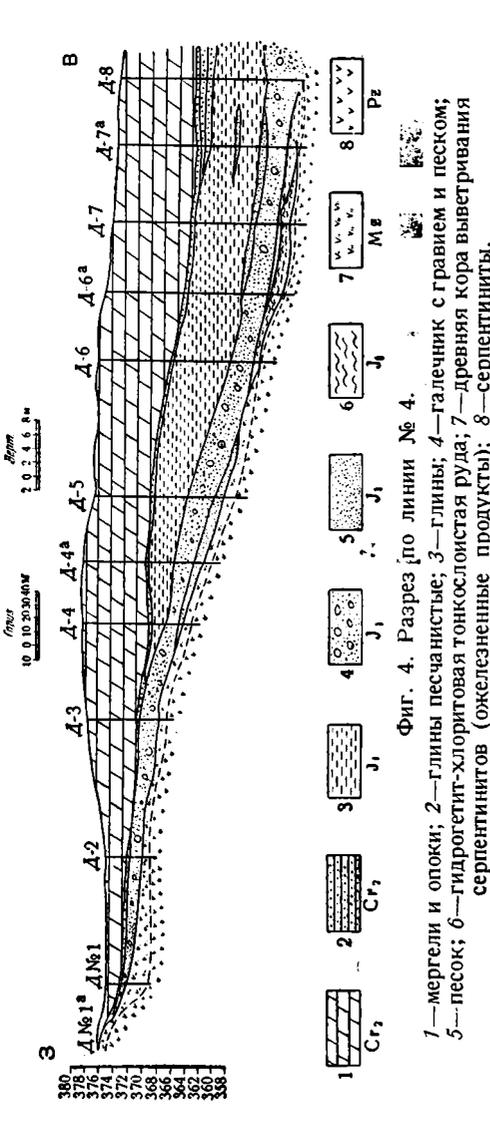
Форма рудных тел в вертикальных разрезах носит характер пластовых залежей. Это видно из геологических разрезов, составленных вкрест протяжения месторождения, по разведочным линиям 4 (фиг. 4), 8 (фиг. 5) и др. Верхняя поверхность рудных тел неровная, а местами пологоволнистая. Высотные отметки кровли рудной залежи по разведочной линии 8 колеблются от 375 на западе до 355 на востоке, т. е. на протяжении 250—300 м разница в абсолютных отметках кровли достигает 20 м. Это обусловлено резким погружением рудного тела по направлению на восток. Аналогичная картина отмечается и по другим разрезам.

Еще более неровный характер носит почва рудной залежи, в соответствии с неровной и прихотливой поверхностью серпентинитового массива и его древней коры выветривания, постоянно сопровождающихся буграми и карстовидными углублениями. В тех местах, где имелись карстовидные углубления и размывы, рудное тело выполняло их в первую очередь, образовав таким образом карманы, нередко уходящие в глубину на 2.0—2.5 м. Поэтому очень часто между ближайшими соседними разведочными выработками отмечаются значительные колебания в мощностях рудной толщи. В силу этих причин и высотные отметки почвы залежи имеют обычно еще более резкие колебания, чем это отмечается у верхней поверхности.

По данным целого ряда геологических разрезов можно сделать заключение, что рудная залежь не представляет собою правильное пластообразное тело, залегающее горизонтально, а, наоборот, нередко бывает осложнена целым рядом прогибов. Помимо того, что рудное тело имеет общий уклон на восток, оно в различных местах участка сопровождается целым рядом резких или более пологих ступенчатых погружений на глубину. Причины образования их следует искать, повидимому, в имевших здесь место неравномерных опусканиях фундамента. Если это так, то не исключена возможность и того, что в тех местах, где эти изгибы носят более резкий характер, рудная толща может оказаться раздробленной.

Наблюдения показывают, что некоторые из этих углублений напоминают карстовые воронки, которые обычно развиваются на известняках. Кора выветривания, подстилающая рудную толщу, представлена карбонатизированными и силицифицированными серпентинитами, местами в большей или меньшей мере ожелезненными или обохранными. Содержание железа в последних иногда может достигать 35—40%, что поз-

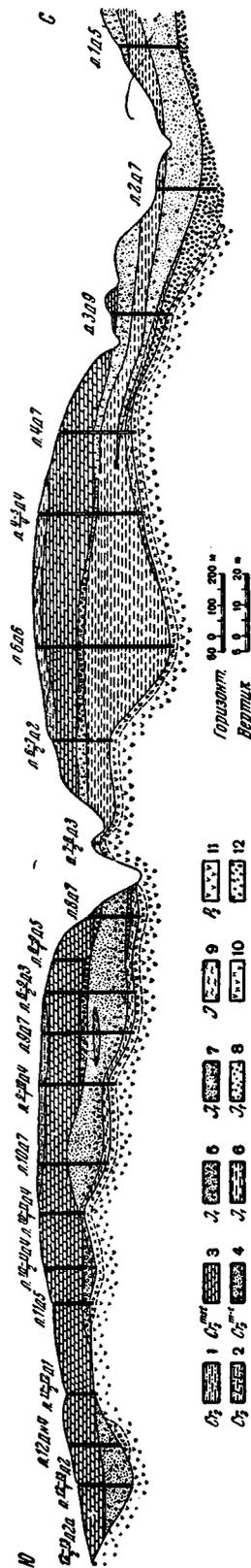
воляет некоторые участки их отнести к железной руде. Мощность ожелезненной или обохренной зоны колеблется от 0 до 1—2 м. Эта зона протягивается в северо-восточном направлении в виде полосы вдоль восточного склона серпентинитового массива и в западной части участка выходит на поверхность. Таким образом рудное тело залегает здесь частью на ожелезненных и силицифицированных, а частью на карбонизированных и обохренных серпентинитах.



Граница между подстилающими породами и рудным телом местами резкая, но иногда — в тех местах, где рудное тело находится на ожелезненных продуктах коры выветривания, — эта граница выражена неясно. Почва рудной залежи очень неровная, довольно часто руда образует карманы, уходящие в карстообразные углубления подстилающих пород. Мощность рудной залежи колеблется от 0 до 6 м, в среднем же составляет около 1.5—2.0 м. В западной части участка рудное тело находится у самой поверхности, где оно местами размыто сетью оврагов.

Покрывающими породами являются континентальные отложения нижней юры и континентальные и морские осадки верхнего мела. Отложения нижней юры залегают непосредственно на рудной залежи, а там, где ее нет, на коре выветривания серпентинитов. Прослеживая покрывающие породы в меридиональном направлении по линии АА (фиг. 6), мы находим, что в районе оврага Тупайка, между разведочными линиями 1 и 4, юрские отложения представлены главным образом серовато-белыми кварцевослюдистыми песками, гравием, галечником и реже серовато-белыми, желтоватыми и бурыми глинами. Общая мощность их на этом участке колеблется от 0.5 до 10 м. К северу от оврага Тупайка, на территории водораздельной возвышенности, между разведочными линиями 4 и 7, юрские отложения фациально представлены желтыми, розовыми и серовато-белыми глинами, с подчиненными им прослоями алевритов, песков и гравия. В дудке 7а линии 4 в основании рудной толщи желтовато-серые грубослоистые глины содержат значительное количество корней растений и частицы растительного угля. Корни достигают 0.5—1.0 см в диаметре, расположены вертикально и частично обохрены. У оврага Матаган и южнее его юрские отложения размыты, а севернее они вновь представлены частью глинами и алевритами, частью песками, гравием и галечником. Мощность их и здесь местами достигает 8—10 м, а по направлению на восток она, повидимому, увеличивается. Около разведочной линии 10—11 юрские отложения выклиниваются.

На неровно размытую поверхность коры, а местами на рудное тело или на древнюю кору выветривания налегают верхнемеловые отложения, представленные двумя фациями: континентальной ( $Cr_2^{m-t}$ ) и морской ( $Cr_2^{mst}$ ). Континентальные отложения верхнего мела встречены в районе оврага Тупайка. Они представлены глинами, песками, гравием и галечником. Мощность их невелика, до 2—3 м. К северу от разведочной линии 5 они выклиниваются. Морские отложения верхнего мела ( $Cr_2^{mst}$ ) прослеживаются почти по всему разрезу (фиг. 4). В южной части участка у оврага Тупайка они залегают на континентальном мелу, в остальных же местах ложатся на юру. В северной части разреза между разведочными линиями 10 и 12 верхнемеловые морские отложения местами налегают на рудную залежь или же на кору выветривания серпентинитов. Эти отложения представлены в основании толщи



Фиг. 6. Геологический разрез в меридиональном направлении через Георгиевское месторождение (по линии А-А).

1—глинисто-глауконитовая порода; 2—глина известковистая; 3—мергели и опоки; 4—песок; 5—галечник; 6—глина; 7—песок с галькой; 8—бобовая руда; 9—тонкослоистая руда; 10—ожелезенные, окремленные и карбонатизированные продукты древней коры выветривания; 11—серпентинит; 12—конгломерат.

горизонтом галечника, сцементированного мергелистым и мергелисто-глауконитовым цементом. Выше залегают мергели и опоки, содержащие фауну *Belemnitella lanceolata*.

Общая мощность меловых отложений достигает 10—12 м и, повидимому, значительно увеличивается на восток.

Следует указать, что рудная залежь на разных участках площади неоднократно подвергалась неравномерному размыву. Факты налегания галечников и песчано-глинистых отложений нижней юры уже на размывые участки рудной толщи и древней коры выветривания серпентинитов свидетельствуют об имевших место размывах до-нижнеюрского времени, а налегание верхнемеловых отложений на размывые участки рудной толщи и древней коры выветривания, а также на размывые участки нижней юры дает основание говорить о размыве в период между нижней юрой и верхним мелом. Наконец, размывы рудной толщи мы отмечаем в настоящее время по целому ряду оврагов, особенно в западной части участка. Здесь рудная залежь находится около поверхности и по большей части либо совершенно размыва, либо является сильно выветрелой, разрушенной и превращенной в кусковатую и порошокватую массу. По направлению же на восток, где она залегают на большей или меньшей глубине от поверхности под покровом мезо-кайнозойских отложений, рудная залежь в значительной мере сохранила свою первичную текстуру и мощность.

### **Строение рудного тела и типы руд по составу и строению**

Проследивая рудную толщу и характер сложения руд как по вертикальному, так и по горизонтальному направлениям, мы находим, что рудная толща иногда на довольно значительных площадях имеет однородное строение, но иногда резко меняется и по мощности, и по простиранию. В разведочных дудках и канавах, пройденных через рудную толщу в разных местах рудного участка, мы можем встретить текстуры: бобово-оолитовую, грубослоистую, тонкослоистую и грубообломочную. Часто встречаются участки, состоящие из рыхлой порошокватой и охристой массы. В ожелезненных продуктах древней коры выветривания отмечается ряд текстур: массивная, пористая и ноздреватая. Кроме того, здесь большим распространением пользуются также рыхлые порошокватые и охристые массы.

Бобово-оолитовое строение рудной толщи наблюдается в районе оврага Матаган, в центральной части месторождения. Бобово-оолитовые руды были встречены на этом участке в нескольких разведочных дудках по линии 8. Они занимают верхний горизонт рудной толщи, тогда как нижний горизонт слагается тонкослоистыми рудами. Тонкослоистые руды состоят из переслаивающихся тонких линзовидных гидрогетит-хлоритовых пропластков. Граница между бобовыми и тонкослоистыми рудами выделяется отчетливо. На всем протяжении разреза по линии 8 указанное строение рудной толщи сохраняется, за исключением западной части, где рудная толща, залегающая близ поверхности, оказалась выветрелой и частью размывтой и переотложенной. Грубообломочный характер рудной толщи отмечается к югу от оврага Матаган, в канаве 1, где куски бобово-оолитовых и тонкослоистых руд нагромождены в беспорядке и залегают на размывтой поверхности серпентинитов.

Тонкослоистые, а отчасти охристые и порошокватые руды широко распространены в северной части месторождения, где они занимают площадку от разведочной линии 8 и до линии 11. Грубослоистые руды встречены в нескольких дудках по разведочной линии 6 и, повидимому, с некоторыми перерывами протягиваются на юг до линии 4. Грубослоистые руды залегают в верхних горизонтах рудной толщи. Ниже они переходят в тонкослоистые руды или же налегают непосредственно на древ-

нюю кору выветривания. Что же касается характера строения ожелезненных продуктов древней коры выветривания, то следует отметить наличие здесь массивной и ноздревато-пористой текстур.

Таково в основных чертах строение рудной толщи.

Учитывая минералогический состав и строение рудной толщи, нами в последней выделены следующие типы железных руд:

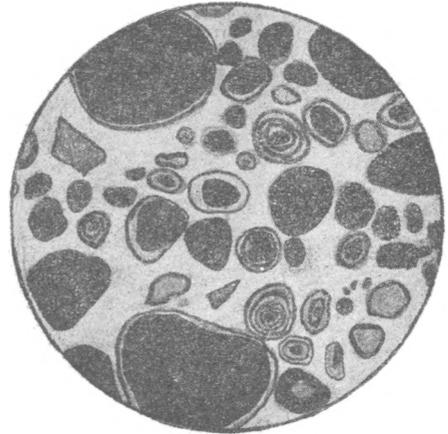
- 1) гидрогетит-хлоритовые бобово-оолитовые;
- 2) гидрогетит-хлоритовые грубослоистые;
- 3) гидрогетит-хлоритовые тонкослоистые;
- 4) гидрогетитовые порошковатые и охристые.

Гидрогетит-хлоритовые бобово-оолитовые руды состоят из цементирующей массы и находящихся в ней включений: бобов, оолитов и различного характера кластического материала (фиг. 7).

Бобовые и оолитовые образования имеют округлую или неправильно округлую форму.

Микроскопические наблюдения показывают беспорядочное расположение бобов и оолитов, независимо от их величины. Бобы и оолиты в большинстве случаев обнаруживают трещины усыхания, выполненные иногда хлоритом и гидраргиллитом. Наблюдаются в бобах и оолитах также микропустоты и поры.

В центральных частях оолитов и в некоторых бобовых образованиях заключены песчинки гематита, магнетита, хромшпинелидов, чешуйки хлоритов, а также сгустки гидрогетита, гидрогематита или хлоритов. Эти песчинки или сгустки играют роль ядер, вокруг которых отложились концентрически-скорлуповые оболочки. Количество концентров в оолитах бывает различное, но обычно их два-три. Толщина концентров разная и не зависит от величины оолитов. Границы некоторых концентров довольно отчетливые, у других они расплывчатые и неясные. Минералогический состав бобов и оолитов не всегда однородный. Встречаются бобы и оолиты, состоящие почти из однородной минеральной массы, например, из гидрогетита или из хлорита, но в большинстве случаев можно наблюдать чередование хлоритовых, гидрогетитовых и гидрогематитовых концентров (фиг. 8).



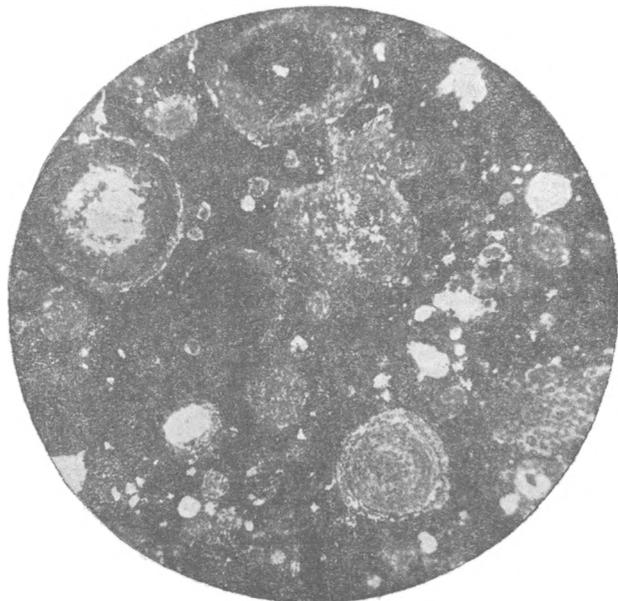
Фиг. 7. Бобово-оолитовая руда. Снято в проходящем свете,  $\times 80$ .

В руде большей частью встречаются гидрогетитовые и гидрогетит-хлоритовые бобы и оолиты, реже в них участвуют эренвертит и гидрогематит. Гидрогетит под микроскопом имеет вид микрокристаллической желтовато-бурой массы, отдельные участки и микроволоконца которой при скрещенных николях действуют на поляризованный свет; лептохлорит наблюдается в виде зеленой или бесцветной изотропной или крипточешуйчатой массы; эренвертит — в виде изотропной бурой массы; гидрогематит — в виде буровато-красной или яркокрасной криптомикрокристаллической, оптически деятельной массы. Некоторые хлоритовые бобы и оолиты в большей или меньшей мере оказываются замещенными гидрогетитом или гидрогематитом, причем это замещение лептохлоритов гидроокислами железа происходит в одних случаях в самых центральных частях бобов или оолитов, в других случаях, наоборот, в их краевых частях, а иногда оно проявляется отдельными пятнами и уча-

сками одновременно в различных центральных и краевых местах боба или оолита.

Количество бобов и оолитов по отношению к общей массе руды может достигать 50—60%.

Кроме бобов и оолитов цементирующая масса содержит включения рудных галек и песчинок, а также обломков древесины. Гальки самой разнообразной окатанности, но по большей части они слабо окатаны, а иногда почти не окатаны. Размеры их достигают 1—2 см в поперечнике, хотя обычно не превышают 1 см. Некоторые гальки представлены бобово-оолитовыми, гидрогетит-хлоритовыми или гидрогетит-гидрогематитовыми рудами, другие состоят из хлоритовых пород и т. д. В некоторых гальках встречается каолинит. Обломки древесины большей частью оказываются замещенными гидрогетитом и отчасти хлоритом.



Фиг. 8. Бобово-оолитовая руда. Черное — гидрогетит, серое — хлорит,  $\times 60$ . Николи +

Песчинки имеют также различную форму, одни из них окатанные, другие угловатые. Они могут быть гидрогетитовыми, гидрогематитовыми, магнетитовыми, хромшпинелидовыми, кварцевыми, хлоритовыми, слюдястыми. Весь этот обломочный материал рассеян в беспорядке с бобовыми и оолитовыми образованиями.

Цементирующим материалом в бобово-оолитовых рудах служат главным образом гидрогетит и лептохлорит, реже гематит и эренвертит. Гидрогетит в составе цементирующей массы обычно желтовато-бурый криптокристаллический или весьма тонкозернистый. Хлорит большей частью буровато-зеленый аморфный (изотропный) и крипточешуйчатый, относящийся к лептохлориту. Иногда под микроскопом наблюдаются бесцветные микрозернистые хлориты из группы ортохлоритов. Показатели преломления зеленых изотропных хлоритов  $N=1.656$ , у бесцветных хлоритов  $N=1.576$ . Эренвертит образует в цементе отдельные участки и прожилки и представлен в виде бурой изотропной массы. Гидрогематит наблюдается в виде пятен и прожилков, состоящих из криптокристаллической буровато-красной массы. Изредка в руде наблюдаются мелчайшие прожилки псиломелан-вада. Мощность бобово-оолитовых руд колеблется от 0 до 2 м.

Гидрогетит-хлоритовые грубослоистые руды. Грубослоистые руды залегают над тонкослоистыми и связаны с ними постепенными переходами. Мощность отдельных слоев достигает 0.15 — 0.20 м. По внешнему виду нередко они напоминают желтовато-бурую глинистую породу. Руды этого типа тяжелее тонкослоистых руд, но обычно легче бобово-оолитовых руд. Окраска руды отмечается от желтовато-бурой до буровато-коричневой и буровато-красной. Нередко они содержат прожилки хлорита.

Под микроскопом в составе руды наблюдаются хлорит и гидрогетит в качестве основных составных ее частей. Реже в ней принимают участие гидрогематит, хромшпинелиды и точечные включения зерен магнетита. Хлорит по большей части аморфный, зеленый, буровато-зеленый, землистого сложения. Буровато-зеленые хлориты по большей части оказываются замещенными гидроокислами железа. Показатели преломления зеленых изотропных хлоритов  $N = 1.656 - 1.664$ . Это позволяет отнести их к группе железистых хлоритов.

Гидрогетит образует в руде сплошные массы. Он наблюдается также в виде прожилков и гнездовых скоплений. Окраска его желтовато-бурая или бурая. Под микроскопом наблюдается криптокристаллическая масса, местами действующая на поляризованный свет.

Некоторые слоистые руды содержат сгустки зеленых аморфных или метаколлоидных хлоритов в виде округлых образований, иногда приближающихся по форме к бобам. Местами хлориты образуют гнезда и прожилки. Такие руды встречены в дудке ба по линии б. Распространение их очень незначительное. Аналогичные же руды встречены были нами на Орловском месторождении. Мощность руды колеблется от 1 до 3 м.

Гидрогетит-хлоритовые тонкослоистые руды. Тонкослоистые руды отличаются микрослоистой текстурой. Окраска их в большинстве случаев желтая или буровато-желтая. Они обычно легко-весные, но иногда оказываются более плотными, крепкими и тяжеловесными, и окраска их в этих случаях принимает буровато-коричневый цвет. Минералогический состав тонкослоистых руд представлен гидрогетитом, железистыми хлоритами, гидрогематитом, хромшпинелидами, магнетитом. Реже в них принимают участие карбонаты, кварц, обломки серпентина и тончайшие прожилки псиломелан-вада.

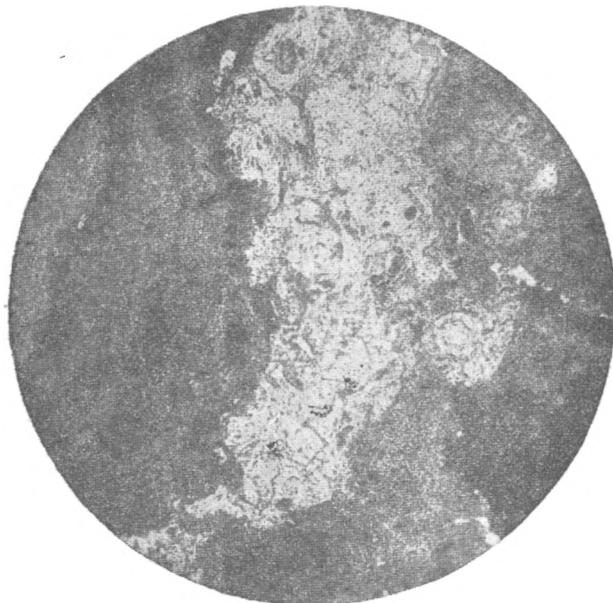
Микрослоистая текстура тонкослоистых руд наблюдается как в прозрачных, так и в полированных шлифах. Под микроскопом видны волнистые извилистые мельчайшие прослойки и прожилки, мощность около 1—2 мм. Некоторые прожилки и прослойки состоят из криптокристаллического буровато-желтого гидрогетита, действующего на поляризованный свет. Другие прожилки состоят из аморфной изотропной или метаколлоидной буровато-зеленой массы железистого хлорита, который в некоторых местах раскристаллизован с образованием крипточешуйчатой массы. Хлориты по большей части обохрены и частично замещены гидроокислами железа.

Постоянными спутниками тонкослоистых руд являются зерна хромшпинелидов и магнетита. Величина этих зерен колеблется от мельчайших точечных включений до 1—2 мм и больше в поперечнике. Зерна хромшпинелидов обычно трещиноватые, иногда сильно измененные. Зерна эти обычно редко рассеяны и сосредоточены по линиям напластования.

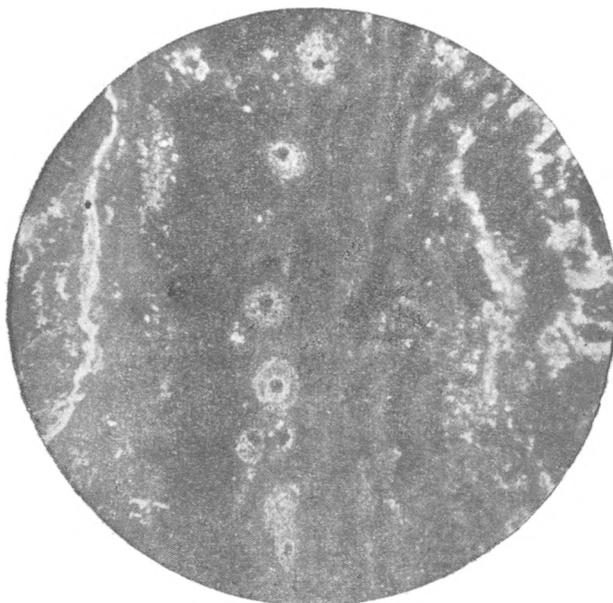
В дудке 2а, по линии № 8, в этих рудах местами встречаются прожилки и гнезда мелкозернистого белого кварца, частично окрашенного гидроокислами железа в желтовато-бурый цвет. Среди этой кварцевой массы имеются отдельные хорошо выраженные его кристаллы, с зонами нарастания (фиг. 9). В дудке 5а по линии 8 в прозрачном шлифе из тонкослоистой руды под микроскопом было обнаружено несколько микрооолитов, состоящих из метаколлоидного хлорита, частично замещенного гидроокислами железа. Они имеют концентрическое

строение, которое намечается вокруг центрального гидрогетитового ядра (фиг. 10).

Тонкослоистые руды образуют нижние горизонты рудной толщи и залегают на неравномерно размытой поверхности древней коры вывет-



Фиг. 9. Прожилки кварца в гидрогетит-хлоритовой тонкослоистой руде,  $\times 32$ . Николи +



Фиг. 10. Оолитовые образования в гидрогетит-хлоритовой тонкослоистой руде,  $\times 32$ . Николи +

ривания серпентинитового массива. На рудном участке они пользуются гораздо ббльшим распространением, чем бобовые руды. Мощность этих руд колеблется в среднем около 1 м.

Выветриваясь и разрушаясь, тонкослоистые руды переходят в рыхлую порошокватую или комковатую массу.

Гидрогетитовые порошокватые охристые руды. Порошковатые руды представляют собой рыхлую несвязанную или слабосвязанную массу, окрашенную в бурый или желтый цвет. Размеры частиц в этой массе колеблются от 0.01 до 1 мм. Удельный вес около 2.

В составе порошокватых руд принимают участие главным образом гидрогетит, реже эренвертит, отдельные зерна хромшпинелидов, побуревшие и обохренные железистые хлориты, иногда кальцит и кварц.

Образование охристой и порошокватой массы происходит за счет замещения гидрогетитом карбонатизированных и местами окремнелых участков древней коры выветривания серпентинитов и отчасти за счет разрушения тонкослоистых руд.

Охристая порошокватая гидрогетитовая масса накапливается в виде отдельных участков и гнезд. Местами наблюдаются постепенные переходы от плотных карбонатизированных и окремнелых продуктов древней коры выветривания серпентинитов к более рыхлым, порошокватым и охристым их разновидностям. Более подробно эти охристые порошокватые продукты были описаны нами выше, в геологическом очерке, при описании древней коры выветривания.

Местами рудная толща является размытой и переотложенной. В этих переотложенных местах наблюдаются беспорядочно залегающие обломки бобово-оолитовых, грубослоистых, тонкослоистых руд и рыхлая порошокватая охристая масса. Переотложенные (грубообломочные) руды приурочены к западной окраине, где рудная толща находится вблизи от поверхности. Переотложение происходило, повидимому, в послетретичное время.

### Минералогический состав руд

Минералогический состав рудной толщи не отличается большим разнообразием. Количество минералов здесь очень ограничено. Из рудных минералов встречаются обычно гидрогетит, реже эренвертит, гидрогематит, сидерит, магнетит, хромшпинелиды, псиломелан-вад и железистые хлориты. Из нерудных минералов — кварц и кальцит. Иногда в верхних горизонтах можно встретить каолинит, серицит и гидраргиллит.

**Гидрогетит.** Это наиболее распространенный минерал в рудной толще и главная составная часть железной руды. Гидрогетит встречается в виде: а) охристой и порошокватой массы, б) плотной сплошной массы и в) бобовых и оолитовых образований.

Порошковатый и охристый гидрогетит представляет собой рыхлую массу желтовато-бурого цвета. Твердость его около 1, но иногда достигает 2. На фарфоровой пластинке дает черту от желтого до бурого цвета. Лимонно-желтые охристые гидрогетиты обладают мажущей способностью.

Под микроскопом в прозрачных шлифах порошокватые разности гидрогетита представляют микрокристаллическую и тонковолокнистую массу буровато-желтого цвета. Местами микроскопические зерна и отдельные мельчайшие волоконца довольно ясно действуют на поляризованный свет. Микрозернистая гидрогетитовая масса обычно неоднородна: очень часто она содержит эренвертит в виде отдельных мельчайших оптически недействительных участков, нередко встречаются разъемные зерна кварца, частично замещенные гидроксидами железа, мельчайшие прожилки кальцита, а также зерна хромшпинелидов и магнетита.

В полированных шлифах, в отраженном свете, рыхлые охристые

гидрогетиты имеют светлосерый цвет и шероховатую поверхность, которая покрыта многочисленными мельчайшими углублениями, легко чертится обычной стальной иглой при слабом нажиме, причем нетрудно получить порошок минеральной массы для исследований. Цвет этого порошка в косом свете и цвет внутренней рефлексии желтовато-бурый. Явления анизотропии обычно не обнаруживаются.

Порошковатая и охристая масса гидрогетита на Георгиевском месторождении пользуется очень широким распространением как среди продуктов древней коры выветривания, так и среди тонкослоистых руд, в которых она образуется за счет их выветривания и разрушения, особенно в тех местах, где эти руды залегают близко около поверхности.

Химический состав двух образцов охристой и порошковатой массы гидрогетита из древней коры выветривания представлен в табл. 3.

Химический состав обр. 17 из дудки 4а был пересчитан на минералогический состав и проверен микроскопическим линейным подсчетом. В результате пересчета минералогический состав указанного выше образца представляется в следующем виде (в %):

Гидрогетит + эренвертит . . . . .	67.54
Хлорит железистый . . . . .	17.40
Кварц . . . . .	5.20
Магнетит . . . . .	0.60
Хромшпинелиды (хромпикотит) . . . . .	5.47
Влага ( $-110^{\circ}$ $H_2O$ ) . . . . .	3.27
Остаток от пересчета . . . . .	0.52

Сумма . . . . 100.00

Плотный сплошной гидрогетит встречается в рудной толще в виде двух разновидностей, резко различающихся по своему блеску: а) гидрогетит с матовым блеском и б) гидрогетит с восковым блеском. Обе эти разновидности представляют собой довольно крепкую и плотную массу, окрашенную в бурый, буровато-коричневый и буровато-черный цвет. Гидрогетит с восковым блеском обладает хорошо выраженным плоскораковистым изломом, у матовых гидрогетитов он выражен хуже. Твердость их обычно колеблется около 4—5. Цвет черты на фарфоровой пластинке от буровато-желтого до буровато-коричневого. Удельный вес гидрогетита с восковым блеском 3.88, гидрогетита с матовым блеском от 3.80 до 4.10.

Плотный гидрогетит с восковым блеском состоит из микрокристаллической массы, которая под микроскопом в проходящем свете окрашена в красновато-бурый цвет. Нередко среди этой массы, действующей на поляризованный свет, можно видеть отдельные участки, состоящие из изотропной бурой массы эренвертита и микроволокнистого гидрогетита, встречающегося здесь в небольших количествах. Местами в шлифах наблюдаются сохранившиеся отдельные разъединенные участки мелкозернистого кварца, в большей своей части замещенного гидрогетитом.

Плотный гидрогетит с восковым блеском в полированных шлифах обладает гладкой полированной поверхностью, местами с некоторым количеством неравномерно расположенных мельчайших углублений. Стальной иглой она чертится при среднем нажиме, а при более сильном нажиме можно получить черту и порошок. Минерал очень хрупкий, что хорошо обнаруживается под микроскопом при царапании стальной иглой: при этом получаются мельчайшие обломки в виде скорлупок с раковистым изломом. Цвет порошка в косом свете буровато-желтый. Того же цвета и внутренняя рефлексия. Травление полированной поверхности производилось  $HCl$  (1 : 1) на холоду в течение 5 минут путем наложения капли кислоты, а также и царской водкой (на холоду в течение 5 минут) и не дало положительных результатов. Явления анизотропии

Таблица 3

## Химический состав порошковатой и охристой массы гидрогетита из древней коры выветривания (в %)

	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	CaO	MgO	Ni	Co	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	H <sub>2</sub> O—	H <sub>2</sub> O+	Сумма
Л. 4, д. 4а, обр. 17 . . . . .	10.96	0.12	3.94	65.84	3.17	0.11	0.20	сл.	1.41	0.60	0.01	0.40	0.05	3.27	10.47	100.55
Л. 4, д. 7а, обр. 18 . . . . .	12.92	0.14	2.37	65.91	0.48	1.71	0.73	4.84	1.19	0.69	0.01	0.32	0.01	0.99	6.84	99.15

Анализы выполнены в полевой химической лаборатории Южно-Уральской экспедиции Академии Наук СССР, 1937 г.

Таблица 4

## Химический состав плотного (сплошного) гидрогетита (в %)

	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MnO	MgO	Ni	Co	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	H <sub>2</sub> O	Сумма
Л. 9—10/2, д. 3, обр. 1 . . . . .	4.92	0.02	1.08	81.11	—	0.60	0.24	—	0.08	0.13	—	—	—	12.22	100.40

Химическая лаборатория ИГН АН СССР, аналитик П. А. Волков, 1938 г.

наблюдать не представляется возможным в виду очень мелкозернистого характера минеральной массы.

Результаты химических анализов приведены в табл. 4.

Плотный гидрогетит с восковым блеском на месторождении встречается нередко. Он обнаружен в ряде дудок по разведочной линии 8—9, где образует прожилки и гнездообразные скопления в тонкослоистой гидрогетит-хлоритовой руде. Минерал является вторичным. Он образовался после отложения рудной толщи путем обогащения гидроокислами железа некоторых участков гидрогетит-хлоритовых тонкослоистых руд и полного замещения железистых хлоритов гидрогетитом.

Плотный гидрогетит с матовым блеском распространен во всех типах руд в различных горизонтах рудной толщи, а также в коре выветривания, где образует прожилки и гнезда. Нередко он выделяется по трещинам в виде корок.

Под микроскопом обычно наблюдается мелкозернистая или микроволокнуистая желтовато-бурая масса, действующая на поляризованный свет. Местами среди этой массы встречаются участки, состоящие из изотропного эренвертита, а иногда и из мелкозернистого буровато-красного гидрогематита. Изредка попадаются песчинки хромшпинелидов и магнетита.

Бобово-оолитовые образования гидрогетита. В бобово-оолитовых рудах можно выделить по характеру две формы выделения гидрогетитов, а именно: бобовые и оолитовые образования. Оолиты обладают концентрически-скорлуповатым строением, бобовые же образования такого строения не имеют и состоят из сплошной массы. Более крупные бобы и оолиты иногда можно отличить друг от друга макроскопически, когда после раскола у оолитов обнаруживаются концентрические скорлупки, а у бобов сплошная бесструктурная масса. Величина бобов и оолитов колеблется в пределах от 0.01 до 3—5 мм в диаметре. Твердость как тех, так и других от 3 до 5. Некоторые более выветрелые бобы и оолиты могут быть очень рыхлыми, легко перетирающимися в порошок, и в этом случае твердость их около 2. Бобы и оолиты состоят из микрокристаллической массы гидрогетита, но обычно в одном и том же бобовом или оолитовом образовании можно обнаружить под микроскопом еще и гидрогематит, изотропную массу эренвертита, зеленые и побуревшие железистые хлориты, песчинки хромшпинелидов и магнетита. В оолитах эти песчинки обычно представляют собой центральные «ядра», вокруг которых располагается концентрическая скорлуповатость. В бобах песчинки рассеяны неравномерно. Бобы и оолиты в большинстве случаев обладают магнитностью.

Характер полированной поверхности бобов и оолитов в шлифах весьма различный, в связи с их неоднородным минералогическим составом. У некоторых бобов и оолитов наблюдается гладкая поверхность, у других же, наоборот, она оказывается очень шероховатой. Цвет полированной поверхности гидрогетитовых образований светлосерый или серовато-белый. Твердость разная. Гладкая полированная поверхность у некоторых бобов и оолитов не чертится стальной иглой при сильном нажиме, и получить порошок из них в этом случае очень трудно. Порошок в косом свете имеет желтовато-бурый цвет. Следует указать, что порошок, полученный из бобов и оолитов, довольно хорошо притягивается к намагниченной стальной игле на расстоянии около 2 мм. Бобы и оолиты имеют способность притягивать к себе либо отталкивать от себя магнитную стрелку на расстоянии около 1 см. Эти явления дают возможность установить в них полярный характер магнетизма.

Явления плеохроизма и анизотропии практически не обнаружены. Травление бобов и оолитов производилось HCl (1 : 1) на холоду в течение 5 и 10 минут, без положительных результатов.

В составе рудной толщи бобы и оолиты наблюдаются в верхних го-

ризонтах, где они слагают бобово-оолитовый тип гидрогетит-хлоритовой руды. Бобово-оолитовые руды на Георгиевском месторождении широкого распространения не имеют.

**Эренвертит** — распространен в различных горизонтах и встречается во всех типах железных руд. Его можно обнаружить под микроскопом в тонких прозрачных шлифах в виде мельчайших прожилков и гнезд, окрашенных в желтовато-бурый или буровато-красный цвет.

**Гидрогематит** имеет такие же формы выделения, как и гидрогетит, а именно: порошковатые массы, плотные, сплошные и бобовые и оолитовые образования.

Порошковатый или рыхлый гидрогематит имеет красный или кирпично-красный цвет. Черта его красная или кирпично-красная. Твердость колеблется от 1 до 2. Под микроскопом, в тонких прозрачных шлифах, можно видеть красную или темнокрасную микрокристаллическую массу, местами довольно ясно действующую на поляризованный свет. Порошковатый гидрогематит встречается очень редко и наблюдается в очень незначительных количествах в виде отдельных пропластков, гнезд и прожилков, которые могут быть встречены в различных горизонтах рудной толщи.

Плотный сплошной гидрогематит более тяжеловесный: удельный вес его колеблется от 3.8 до 4.4. Твердость от 3 до 5.5. Окраска минерала красная или кирпично-красная. Блеск матовый. Излом неровный, землистый. Он также встречается очень редко и в незначительном количестве. Плотный гидрогематит образует прожилки, гнезда и пропластки в тонкослоистых и бобово-оолитовых рудах. В последнем случае он входит в состав как отдельных бобов и оолитов, так и цементирующей массы, а иногда встречается в этих рудах в виде полуокатанных галек.

Бобовые и оолитовые образования гидрогематита неравномерно рассеяны среди общей массы гидрогетитовых и хлоритовых бобов и оолитов, от которых они отличаются своей яркокрасной окраской. Размеры гидрогематитовых бобов, а также их форма и строение точно такие же, как у гидрогетитовых. В них также встречаются отдельные зерна хромшпинелидов, железистые хлориты, эренвертит и гидрогетит.

**Магнетит.** Кристаллы магнетита в виде мелких (1—2 мм) октаэдров обнаружены были в дудке За по линии 8. Он наблюдается здесь в виде щеток или отдельных кристаллов по трещинам в верхних горизонтах рудной толщи среди бобово-оолитовой руды. Судя по характеру выделения его по стенкам трещин, можно прийти к заключению, что этот магнетит является вторичным.

Магнетит встречается также в виде тончайших прожилков, гнезд и мельчайших зерен в рудах разных типов и в коре выветривания. В виде отдельных зерен он наблюдается в бобах и оолитах.

**Сидерит** не пользуется большим распространением и является также вторичным минералом. Он образует отдельные гнезда и прожилки, состоящие из серой мелкозернистой массы. В шлифе бесцветный, но иногда окрашен гидроокислами железа в буровато-красный цвет. Оптически отрицательный. Показатели преломления:  $n_g=1.855$ ,  $n_p=1.618$ ,  $n_g-n_p=0.237$ . Сидерит часто замещается гидроокислами железа, в силу чего он обычно бывает заключен в бурую корку, состоящую из гидрогетита и гидрогематита.

**Хромшпинелиды.** Минералы этой группы в виде отдельных зерен обнаруживаются во всех типах руд и наблюдаются под микроскопом в прозрачных или полированных шлифах. Зерна хромшпинелидов имеют угловатую форму, обычно бывают трещиноватыми. Величина их колеблется от 0.005 до 1—2 мм в поперечнике.

**Псилопелан-вад** встречается в незначительных количествах в различных горизонтах рудной толщи. Он образует местами тончайшие

прожилки, а также корочки и пленки по стенкам трещин. Цвет их черный. Черта черная. Под микроскопом в прозрачных шлифах псиломе-лан-вад представляет собой черные непрозрачные массы.

**Хлорит.** Минералы группы хлоритов имеют очень большое и повсеместное распространение в рудной толще. Здесь в различных горизонтах встречено несколько минералов, относящихся к группе лептохлоритов и ортохлоритов. Из минералов группы лептохлоритов можно выделить аморфные, микрочешуйчатые и бобово-оолитовые их разновидности.

**Аморфные хлориты** имеют землистое сложение и землистый излом. Окраска хлоритов зеленая. Твердость колеблется от 1 до 3. Под микроскопом наблюдается желтовато-зеленая или буровато-зеленая изотропная масса, содержащая обычно микрочешуйчатый хлорит, иногда песчинки хромшпинелидов и магнетита. Местами наблюдаются процессы замещения хлорита гидрогетитом или эренвертитом. Изотропные хлориты образуют прожилки и гнезда в бобово-оолитовых и тонкослоистых рудах. В бобово-оолитовых рудах они входят главной составной частью в цементирующий материал.

Показатели преломления зеленых изотропных хлоритов определялись иммерсионным методом:  $N = 1.664 \pm 0.002$ . Судя по величине показателя преломления, эти хлориты можно отнести к группе железистых прохлоритов (тюрингит).

**Микрочешуйчатый хлорит** представляет собой плотную зеленую или буровато-зеленую плотную массу. Излом землистый. Твердость от 2 до 3. Удельный вес 3.14. Образует прожилки и гнезда в разных горизонтах рудной толщи. Иногда наблюдаются отдельные рассеянные мельчайшие (около 0.02 мм) чешуйки или небольшие группы их среди изотропных хлоритов. Показатель преломления  $N = 1.656 \pm 0.002$ . Микрочешуйчатый хлорит местами обохрен и замещен гидрогетитом. В местах обохривания чешуйки окрашены гидроокислами железа в буровато-желтый цвет. По показателю преломления этот хлорит можно отнести также к группе железистого прохлорита.

**Бобово-оолитовые хлориты.** Железистые изотропные и метаколлоидные хлориты местами образуют бобы и оолиты. Размеры оолитов колеблются от 0.01 до 2—3 мм в диаметре, более крупные встречаются очень редко. Размеры же бобов могут достигать 4—5 мм в поперечнике. Бобы и оолиты сложены по большей части изотропным хлоритом, реже в составе их наблюдаются отдельные чешуйки, действующие на поляризованный свет. Хлоритовые бобы и оолиты частично обохрены и замещены гидроокислами железа. Это замещение происходит либо с периферии, либо с центральных их частей.

Из группы ортохлоритов встречен **пеннин**. Он образует мелкочешуйчатые или пластинчатые агрегаты. В шлифе бесцветный. Оптически отрицательный.  $N_g = 1.576$ ,  $N_m = N_p = 1.573$ ,  $N_g - N_p = 0.003$ . Хорошо выражена аномальная синеватая интерференционная окраска. Плеохроизм по  $N_g$  светлозеленый, по  $N_p$  зеленоватый, почти бесцветный. На основании этих оптических данных его можно отнести к пеннину.

**Каолинит** встречается в верхних горизонтах рудной толщи в виде плотных белых масс, иногда окрашенных гидроокислами железа в желтовато-бурый цвет. Удельный вес 2.46. Излом неровный. Твердость около 1. Под микроскопом имеет вид бесцветной метаколлоидальной массы. Показатель преломления определялся иммерсионным методом,  $N = 1.564$ .

**Гидраргиллит** образует белые прожилки в бобово-оолитовых рудах, залегающих в верхнем горизонте рудной толщи. Под микроскопом наблюдается в виде бесцветных пластинчатых листоватых агрегатов. Оптически положительный, двусный.  $2V = + 20^\circ$ ;  $N_g = 1.586 \mp \pm 0.02$ ,  $N_m = 1.566 \pm 0.002$ ,  $N_p = 1.566 \pm 0.002$ ,  $N_g - N_p = 0.020$ .

Кварц и кальций встречаются в рудной толще в виде мелкозернистой массы, образующей отдельные прожилки. Кварц встречается также в виде отдельных угловатых зерен от 0.05 до 0.5—1.0 мм в поречнике.

### Химический состав железных руд

Железные руды на Георгиевском месторождении, так же как и на других месторождениях Халиловского района, представлены сложным химическим комплексом. В своем составе они содержат помимо обычных компонентов  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{S}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ , также и легирующие примеси  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NiO}$  и  $\text{CoO}$ . Каждый тип железной руды данного месторождения имеет определенный химический состав. Поэтому для выяснения их качества требуется характеристика каждого типа руды в отдельности.

Гидрогетит-хлоритовые бобово-оолитовые руды. Химические анализы этих руд представлены в табл. 5. Данные этой таблицы показывают повышенное содержание в руде окисного железа ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  от 67.03 до 76.14%) и очень малое количество закисного железа ( $\text{FeO}$  от 0.12 до 0.72%). Железо связано главным образом с магнетитом, гидрогетитом, гидрогематитом и с железистыми хлоритами.

Кремнезем и глинозем содержатся в анализированных рудах почти в одинаковых количествах:  $\text{SiO}_2$  от 8.69 до 9.41%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  от 6.81 до 9.33%. Почти в одинаковом процентном соотношении друг к другу находятся также два других компонента— $\text{CaO}$  и  $\text{MgO}$ , а именно количество первого колеблется от 0 до 0.73%, а второго от 0.32 до 0.83%. Все они связаны с различными минералами: кремнезем связан преимущественно с кварцем, хлоритами и каолинитом; глинозем с хлоритами, каолинитом и гидраргиллитом; окись кальция с кальцитом, а окись магния с хлоритом.

Количество  $\text{TiO}_2$  колеблется в руде от 0.16 до 0.47%. Отдельных титанистых минералов в руде обнаружено не было. Как показывают химические анализы гидрогетитовых бобов и оолитов из Орловского месторождения,<sup>1</sup> содержание двуокиси титана в бобах и оолитах достигает 3.76%. Встречается он также в железистых хлоритах, но в меньшем количестве. Повидимому  $\text{TiO}_2$  и здесь находится в виде изоморфной примеси в гидрогетитовых бобах, оолитах, а также в хлоритах и глинистых частицах. Никель, повидимому, находится в изоморфной примеси с хлористыми и глинистыми частицами, а кобальт с марганцовистыми минералами (вад).  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  связан с хромшпинелидами.  $\text{P}_2\text{O}_5$  находится в изоморфной примеси в бобовых и оолитовых образованиях гидрогетита и с хлоритами. Содержание серы в руде определяется от следов до 0.05%.

Гидрогетит-хлоритовые грубослоистые руды. Состав этих руд представлен в табл. 6. Из приведенной таблицы видно, что содержание окисного железа в грубослоистых рудах, как правило, незначительно. Количество  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  колеблется от 21.19 до 42.96%, а в среднем составляет около 30%. Окисное железо в грубослоистых рудах связано частично с гидрогетитом, который образует в рудной толще прожилки и охристую рыхлую массу, и частично оно связано с железистыми хлоритами. С последним связано также и закисное железо (от 0 до 1.16%).

Содержание кремнезема и глинозема по большей части довольно значительное.  $\text{SiO}_2$  колеблется от 21.92 до 35.05%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  от 8.92 до 25.03%. Во всех приведенных в этой таблице пробах количество глинозема всегда меньше кремнезема. Оба компонента связаны с железистыми хлоритами и каолинитом. С хлоритом связан также  $\text{MgO}$ , содер-

<sup>1</sup> См. статью в этом сборнике — А. Л. Яницкий, Орловское месторождение.

Таблица 5

## Химический состав гидрогетит-хлоритовых бобово-оолитовых руд (в %)

	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	CaO	MgO	Ni	Co	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	H <sub>2</sub> O	Сумма
Д. 3а, л. 8, обр. 1 . . . . .	9.41	0.16	9.33	67.03	2.87	0.57	0.26	0.20	0.82	0.08	0.01	0.29	0.05	8.19	99.27
Д. 3а, л. 8, „ 2 . . . . .	9.11	0.47	6.81	71.89	2.70	0.72	0.24	0.73	0.32	0.27	0.02	0.41	не обн.	5.38	99.07
Д. 6, л. 8, „ 3 . . . . .	8.69	0.21	7.57	76.14	2.33	0.12	0.39	необн.	0.83	0.33	сл.	0.39	не обн.	3.30	100.30

Таблица 6

## Химический состав гидрогетит-хлоритовых грубослоистых руд (в %)

	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	CaO	MgO	Ni	Co	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	H <sub>2</sub> O—	H <sub>2</sub> O+	Сумма
Д. 6а, л. 4, обр. 14 . . . . .	35.05	0.13	18.11	21.19	2.79	0.0	0.04	0.75	2.50	0.28	0.01	0.18	0.02	9.61	9.12	99.78
Д. „ „ „ „ 15 . . . . .	29.36	0.05	17.74	31.67	0.47	0.0	0.07	0.67	2.26	0.25	сл.	0.15	0.02	8.94	9.44	101.09
Д. 4а, л. 6, „ 2 . . . . .	34.18	—	25.03	22.53	1.05	0.0	0.18	0.37	1.31	0.11	0.0	0.19	—	4.15	11.58	100.68
Д. „ „ „ „ 2 . . . . .	21.09	—	15.22	42.96	2.03	—	0.24	—	—	0.15	0.01	0.39	—	—	—	—
Д. „ „ „ „ 3 . . . . .	31.81	0.34	15.83	26.52	1.60	—	0.05	0.47	1.94	0.19	0.01	—	0.02	6.95	10.23	95.96
Д. „ „ „ „ 4 . . . . .	21.42	—	13.34	42.27	1.48	0.0	0.02	—	—	0.22	0.01	0.25	—	—	—	—
Д. 5а, л. 6, „ 2 . . . . .	31.64	0.19	22.04	28.30	1.74	0.13	0.10	0.32	1.44	0.15	0.01	—	0.15	4.88	9.30	100.39
Д. 4, л. $\frac{10-11}{2}$ , обр. 2 . . . . .	29.94	0.03	8.92	41.38	1.44	1.16	0.25	0.68	2.55	0.68	—	0.05	0.05	13.10		100.23

Таблица 7

## Химический состав гидрогетит-хлоритовых тонкослоистых руд (в %)

	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	CaO	MgO	Ni	Co	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	H <sub>2</sub> O—	H <sub>2</sub> O+	Сумма
Д. 4а, л. 6, обр. 5 . . . . .	6.10	0.21	5.19	71.57	1.72	0.00	0.03	сл.	1.13	0.37	0.04	0.33	—	3.31	10.62	100.62
Д. 4, л. 4, „ 4 . . . . .	18.79	0.19	12.09	46.32	2.68	0.07	0.09	0.54	2.45	0.22	0.01	0.60	0.01	6.45	9.97	100.48
Д. 2а, л. 8, „ 2 . . . . .	6.09	0.09	4.99	70.32	3.26	0.62	0.07	0.86	0.08	0.24	0.02	0.26	—	2.72	—	89.62
Д. 2а, л. 6, „ 4 . . . . .	5.70	0.10	1.19	76.77	2.05	0.44	0.31	0.54	0.97	1.05	0.05	0.21	—	10.53		90.91
Д. 4, л. $\frac{10-11}{2}$ , обр. 3 . . . . .	19.18	0.02	6.88	54.62	2.37	0.41	0.05	0.38	2.28	0.60	—	0.18	0.09	13.05		100.11

жание которого в руде составляет от 1.31 до 2.55%. Как видим, количество MgO в грубослоистых рудах больше, чем в бобово-оолитовых. Это объясняется тем, что грубослоистые руды в основной своей массе сложены железистыми хлоритами, содержащими MgO, тогда как в бобово-оолитовых рудах количество этого хлорита имеется в меньшем размере.

Количество  $TiO_2$  остается почти такое же, как и в бобово-оолитовых рудах (от 0.03 до 0.39%). Связан  $TiO_2$  с хлоритами, с которыми находится в изоморфной примеси. Содержание  $Cr_2O_3$  в грубослоистых рудах составляет от 0.47 до 2.79%.  $Cr_2O_3$  связан с хромшпинелидами, последние встречаются в шлифах в виде отдельных реликтовых зерен. Количество Ni по большей части колеблется от 0.11 до 0.28%, только в одном образце он обнаружен в количестве 0.68%. Кобальт в этом типе руды либо отсутствует, либо содержится, но в малом количестве (около 0.01%).

Никель в грубослоистых рудах находится в изоморфной примеси в железистых хлоритах, а кобальт в марганцовистых минералах (вад). Содержание серы определяется от 0.02 до 0.15%.

Гидрогетит-хлоритовые тонкослоистые руды. Состав тонкослоистых руд приведен в табл. 7. Как показано в таблице, тонкослоистые руды по сравнению с грубослоистыми содержат повышенное количество  $Fe_2O_3$  (от 46.32 до 76.77%). Железо здесь связано главным образом с охристым порошокатым гидрогетитом и отчасти с железистыми хлоритами. Количество закисного железа (FeO) незначительно (от 0 до 0.62%). Закисное железо связано преимущественно с железистыми хлоритами и магнетитом.

Содержание кремнезема и глинозема непостоянное.  $SiO_2$  колеблется от 5.70 до 19.18%, а  $Al_2O_3$  от 1.19 до 12.09%. На основании микроскопического изучения шлифов можно считать, что кремнезем связан главным образом с железистыми хлоритами и в меньшей мере с каолинитом и кварцем; глинозем — с хлоритами и с каолинитом.

В анализированных тонкослоистых рудах содержание MgO, как правило, не превышает 2.15%, а CaO 0.86%. MgO входит в состав железистого хлорита, а CaO — в состав кальцита.

Тонкослоистые руды имеют повышенное количество хрома, никеля и кобальта. Содержание  $Cr_2O_3$  колеблется от 1.72 до 3.26%. Наличие хрома можно полностью отнести за счет хромшпинелидов, зерна которых констатированы под микроскопом. Количество никеля отмечается от 0.22 до 1.05% и кобальта от 0.01 до 0.05%. Минералы никеля и кобальта микроскопически обнаружены не были. Повидимому, никель и кобальт находятся здесь в таком же состоянии, как в бобово-оолитовых и грубослоистых рудах, т. е. никель связан с хлоритом, а кобальт — с вадом.

Тонкослоистые руды, как видно из табл. 8, содержат сравнительно незначительное количество  $TiO_2$  (от 0.02 до 0.21%). Сера определялась в двух пробах: в одной из них S составляет 0.01%, в другой 0.09%.

Порошковатые охристые руды. Порошковатые охристые руды характеризуются следующим химическим составом (см. табл. 10): содержание  $Fe_2O_3$  в этом типе руды составляет около 65%. Железо здесь входит главным образом в состав охристого гидрогетита и железистого хлорита. Количество закисного железа (FeO) очень незначительно (от 0.11 до 1.71%). Оно связано преимущественно с железистым хлоритом и магнетитом. Количество кремнезема в несколько раз больше глинозема: если  $SiO_2$  колеблется от 10.96 до 12.92%, то  $Al_2O_3$  в этих же пробах содержится от 2.37 до 3.94%. Сравнительно высокое содержание кремнезема обусловлено наличием значительного количества зерен кварца. Глинозем же входит в состав хлорита и каолинита, причем

## Химический состав железных руд

№ обр.	Р у д а	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	Разведочная линия 4, дудка 4а				
17	Порошковая руда . . . . .	10.96	0.12	3.94	65.84
18	Окремнелая и ожелезненная кора выветривания . . . . .	48.64	0.08	1.30	41.11
	Разведочная линия 4, дудка 6а				
13	Грубообломочная гидрогетит-хлоритовая руда . . . . .	42.67	0.57	10.68	29.70
14	Слоистая гидрогетит-хлоритовая руда . . . . .	35.05	0.13	18.11	21.19
15	Грубослоистая гидрогетит-хлоритовая руда . . . . .	29.36	0.05	17.74	31.67
	Разведочная линия 4, дудка 7				
1	Слоистая руда с прожилками плотного гидрогетита . . . . .	6.35	—	5.77	73.84
2	Т о ж е . . . . .	18.79	0.19	12.09	46.32
	Разведочная линия 6, дудка 2а				
1	Тонкослоистая руда . . . . .	5.70	0.10	1.19	76.77
	Разведочная линия 6, дудка 4а				
1	Грубослоистая гидрогетит-хлоритовая руда . . . . .	34.18	—	25.03	22.53
2	Т о ж е . . . . .	29.09	—	15.22	42.96
3	" " . . . . .	31.81	0.34	16.83	26.52
4	Тонкослоистая руда . . . . .	21.42	—	13.34	42.27
5	Т о ж е . . . . .	6.10	0.21	5.19	71.57
	Разведочная линия 6, дудка 5а				
1	Грубообломочная руда . . . . .	36.55	1.04	5.67	44.69
2	Грубослоистая руда с хлоритом . . . . .	31.64	0.19	22.04	28.30
3	Тонкослоистая руда . . . . .	14.28	0.16	—	63.38
	Разведочная линия 8, дудка 3а				
	Бобово-оолитовая руда . . . . .	9.41	0.16	9.33	67.03
	Т о ж е . . . . .	9.11	0.47	6.81	71.89
	Грубослоистая гематит - хлоритовая руда . . . . .	9.79	0.28	7.00	65.89
	Тонкослоистая руда . . . . .	10.48	0.07	9.90	61.88
	Разведочная линия 8, дудка 6				
	Бобово-оолитовая руда . . . . .	8.69	0.21	7.57	76.14

Химические анализы по разведочным линиям 4 и 6 выполнялись в полевой

Химические анализы по разведочной линии 8 выполнены в химической лабо-

## Георгиевского месторождения (в %)

Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	CaO	MgO	Ni	Co	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	H <sub>2</sub> O—	H <sub>2</sub> O+	Сумма
3.17	0.11	0.20	сл.	1.41	0.60	0.01	0.40	0.05	3.27	10.47	100.55
0.49	0.11	0.13	0.36	1.00	0.29	0.01	0.26	0.03	0.85	5.87	100.53
3.30	0.16	0.08	0.34	1.58	0.20	0.02	0.22	0.02	4.23	6.71	100.48
2.79	0.00	0.04	0.75	2.50	0.28	0.01	0.18	0.02	9.61	9.12	99.81
0.47	0.00	0.07	0.67	2.26	0.25	сл.	0.15	0.02	8.94	9.44	101.09
0.25	0.14	0.11	сл.	1.28	0.07	сл.	—	—	1.53	10.77	100.11
2.68	0.07	0.09	0.54	2.45	0.22	0.01	0.60	0.01	6.45	9.97	100.48
2.05	0.44	0.31	0.54	0.97	1.05	0.05	0.21	—	10.53		99.91
1.05	0.00	0.18	0.37	1.31	0.11	0.00	0.19	—	4.15	11.58	100.68
2.03	—	0.24	—	—	0.15	0.01	0.39	—	—	—	—
1.60	—	0.05	0.47	1.94	0.19	0.01	—	0.02	6.95	10.23	96.96
1.48	0.00	0.02	—	—	0.22	0.01	0.25	—	—	—	—
1.72	0.00	0.03	сл.	1.13	0.37	0.04	0.32	—	3.31	10.62	100.61
1.89	0.38	0.13	—	—	0.13	0.02	0.29	—	—	—	90.79
1.74	0.13	0.40	0.32	1.44	0.15	0.01	0.15	—	4.88	9.30	100.69
0.83	0.38	0.11	—	—	0.16	0.02	—	0.01	3.23	5.47	88.03
2.87	0.57	0.26	0.20	0.82	0.08	0.01	0.29	0.05	8.19		99.27
2.70	0.72	0.24	0.73	0.32	0.27	0.02	0.41	не обн.	5.39		99.08
3.60	0.58	0.32	0.86	0.32	0.76	0.02	0.38	не обн.	10.29		100.09
2.31	0.43	0.12	0.26	1.08	0.58	0.03	0.34	0.06	11.10		98.64
2.33	0.12	0.39	не обн.	0.83	0.33	сл.	0.39	не обн.	3.30	—	100.30

химической лаборатории Южно-Уральской экспедиции Академии Наук в 1937 г.  
 ратории Московского геолого-разведочного института в 1937 г.

хлорит здесь по большей части обохрен и замещен гидроокислами Fe. В состав хлорита входит также MgO; количество окиси магния определяется от 1.0 до 1.41%. Совершенно по-иному ведет себя CaO. Содержание окиси кальция в пробах колеблется от следов до 4.84%. Проверка образцов руды, содержащих повышенное количество окиси кальция, показывает наличие в них мельчайших прожилков кальцита. Этим и объясняется повышенное содержание CaO в руде. Содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> колеблется от 0.32 до 0.42%, серы от 0.01 до 0.04%.

Порошковые руды содержат Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> от 0.48 до 3.17%, NiO от 0.66 до 0.69% и CoO около 0.01%. Эти компоненты обусловлены наличием таких же минералов, которые были отмечены для других перечисленных выше типов руд.

Распределение химических элементов в рудном теле. Характер распределения различных элементов в рудном теле дается на основании штуфного, послыйного опробования разведочных дунок по нескольким разведочным линиям (табл. 8). При ограниченном числе этих выработок нельзя в полной мере осветить геохимию рудной залежи и всех закономерностей в накоплении и распределении в ней отдельных химических компонентов, однако основные черты их установить можно.

Рудную толщу в тех местах, где она имеет полные разрезы, можно расчленить на два горизонта: верхний и нижний. Поведение различных элементов в этих горизонтах мы проследим по каждому из них в отдельности.

Верхний горизонт рудной толщи сложен двумя типами железных руд: бобово-оолитовыми и грубослоистыми. Железо (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) в этом горизонте концентрируется главным образом в бобово-оолитовых рудах, которые распространены преимущественно в районе оврага Матаган, в центральной части рудного участка. Повидимому здесь были созданы наиболее благоприятные физико-химические условия для выпадения гидроокислов железа в виде бобовых и оолитовых образований гидрогетита и отчасти железистых хлоритов. Содержание Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в этой руде составляет 60—70%. Выпадение кремнезема и окиси магния происходило за счет хлоритов и было сравнительно незначительным: SiO<sub>2</sub> 9—10%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 6—9% и MgO 0.32—0.83%. Обратная картина отмечается в местах, где отлагались грубослоистые руды. Здесь озерно-лагунная водная среда имела иные физико-химические условия (рН), при которых выпадали хлориты с малым содержанием железа и с повышенным содержанием SiO<sub>2</sub> (30—40%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 10—25% и MgO 1.30—2.50%.

Хром, никель и кобальт сосредоточены в обоих типах руд почти в одинаковых количествах: Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1.5—3.5%, Ni 0.15—0.33% и Co < 0.01—0.02%. Поведение фосфора и серы в этих рудах аналогичное: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.15—0.40%, S 0.01—0.05%; MnO концентрируется в несколько большем количестве в бобово-оолитовых рудах (0.24—0.40%), чем в грубослоистых (0.04—0.24%).

Нижний горизонт рудной толщи сложен тонкослоистыми рудами, залегающими на порошковых, охристых, карбонатизированных продуктах древней коры выветривания серпентинитов. Содержание Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в этом горизонте такое же, как и в составе бобово-оолитовых руд верхнего горизонта (60—70%). Такое количество Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> объясняется наличием сильно обохренных железистых хлоритов, слагающих тонкослоистые порошковые руды. Содержание других компонентов здесь несколько иное: SiO<sub>2</sub> колеблется грубо от 6 до 20%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> от 2 до 13% и MgO от 1 до 1.4%. Хром ведет себя аналогично верхнему горизонту, имея колебания от 0.83 до 3.17%. Количество же никеля и кобальта в нижнем горизонте по сравнению с верхним, как правило, бывает больше: Ni 0.20—1.05% и Co 0.01—0.05%. Содержание MnO несколько меньше в нижнем горизонте (0.02—0.31%). Фосфор и сера концентрируются в

нижнем горизонте почти в таком же количестве, как и в верхнем:  $P_2O_5$  0.21—0.40%, S 0.01—0.05%. Содержание  $TiO_2$  в обоих горизонтах неравномерное и колеблется от 0.05 до 0.57%.

На основе вышесказанного можно установить, что каждый тип железной руды по химическому составу характеризуется своими отличительными чертами.

Бобово-оолитовые руды отличаются богатым содержанием железа и хрома, но сравнительно бедны никелем и кобальтом. Тонкослоистые и охристые порошокватые руды наряду с повышенным содержанием железа и хрома, как правило, имеют повышенное содержание никеля и кобальта. Резко отличаются от них грубослоистые руды. Последние содержат мало железа, никеля и кобальта и много кремнезема, глинозема и окиси магния. Содержание других компонентов: фосфора, серы, титана и окиси кальция во всех этих рудах в общем не имеет резких отличий.

### Описание рудной площади

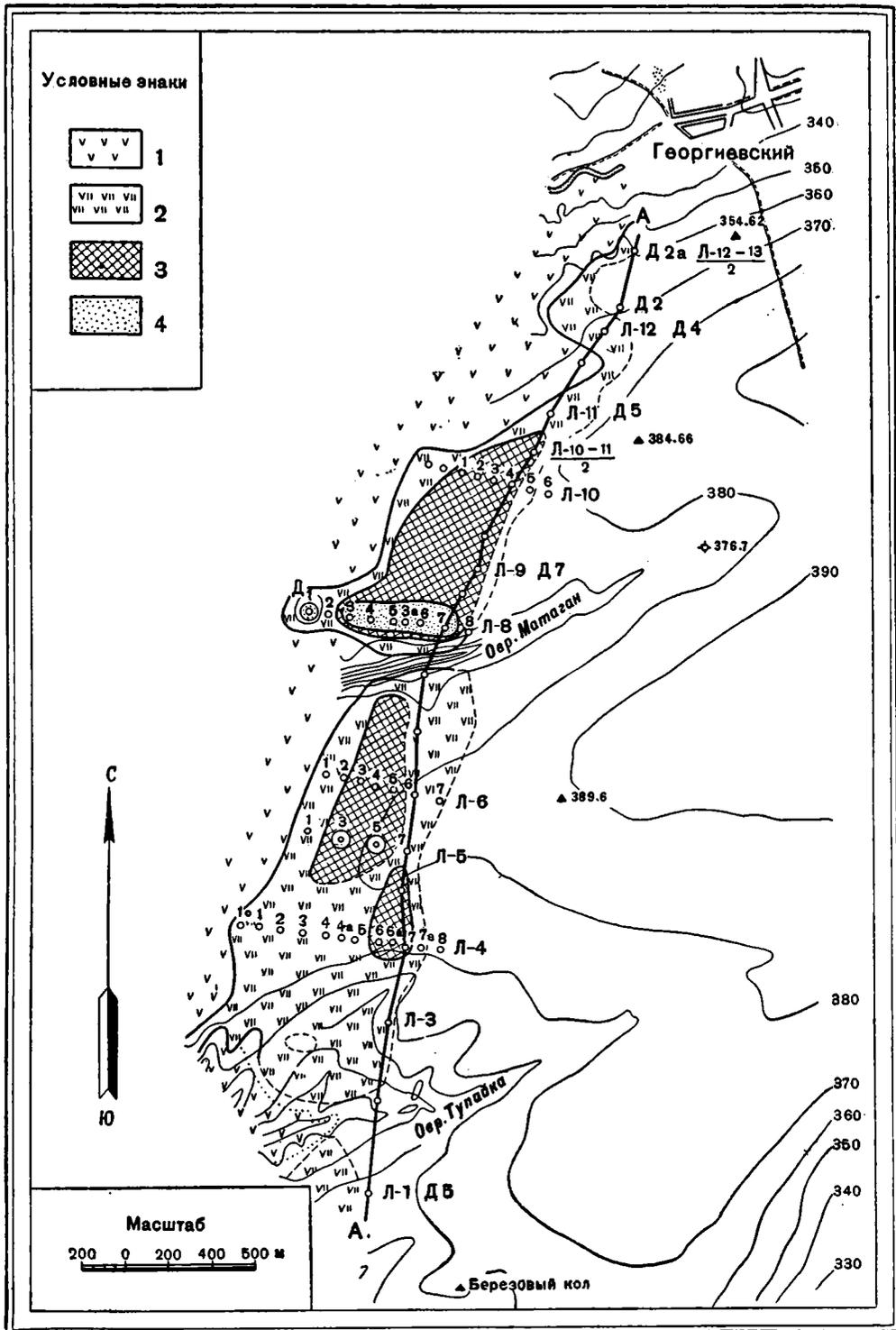
Во время геолого-разведочных работ 1930—1931 гг. окончательного оконтуривания рудной залежи на Георгиевском месторождении проведено не было. Поэтому на основе осмотра старых выработок нами на план были нанесены контуры распространения различных типов железных руд, а также выделены ожелезненные и охристые участки древней коры выветривания (фиг. 11).

Западная граница каждого типа руды оконтурена на плане сплошной линией путем интерполяции между законченными проходкой рудными и нерудными дудками и канавами, восточные же границы их оконтурены условно в виде прерывистых линий, вследствие отсутствия данных о распространении рудного тела на восток (восточные дудки на этом участке в большинстве случаев не были добыты до рудной толщи).

В пределах разведанного участка рудное тело в центральной его части оказалось расчлененным оврагом Матаган на две части: северную и южную. Контуры северной части рудной залежи в общих чертах приближаются к неправильной округло-удлиненной форме, вытянутой в северо-восточном направлении. Эта рудная залежь простирается от оврага Матаган до разведочной линии 10—11, параллельно общему протяжению серпентинитового массива. Она имеет в длину около 1.2 км и в ширину около 0.35—0.40 км.

Южная залежь располагается к югу от оврага Матаган и простирается до разведочной линии 4 и даже несколько южнее. Контуры этой залежи на плане имеют неправильную форму, вытянутую в том же северо-восточном направлении. Длина ее около 1.2 км, ширина около 200—300 м. Мощность руды от 0 до 4 м, в среднем около 1.5—2.0 м.

На плане оконтурены площади распространения бобово-оолитовых и гидрогетит-хлоритовых тонко- и грубослоистых руд. Бобово-оолитовые руды залегают в самых верхних горизонтах рудной толщи. Они по большей части размыты и в настоящее время пользуются незначительным распространением. Бобово-оолитовые руды встречаются как к северу, так и к югу от оврага Матаган. К северу от оврага руда обнаружена в двух местах. В одном случае небольшой лоскуток их находится в западной части участка, где они обнаружены дудкой 1 по линии 8. Эта небольшая рудная залежь оказалась отчлененной от общего рудного тела и сохранилась в незначительной котловине на поверхности серпентинитового массива. Площадь этой залежи едва ли превышает 200—300 м<sup>2</sup>. В другом случае бобово-оолитовые руды были встречены в той же разведочной линии на участке между дудками 2 и 8. Эти руды прослеживаются здесь четырьмя дудками. Площадь распространения их составляет около 7000—8000 м<sup>2</sup>. Мощность колеблется от 0 до 1.2 м.



Фиг. 11. Схема площадного распространения железных руд и ожелезненных продуктов древней коры выветривания на Георгиевском месторождении.  
 1—серпентиниты; 2—ожелезненные и охристые продукты древней коры выветривания;  
 3—гидрогетит-хлоритовая тонкослоистая и грубослоистая руда; 4—гидрогетит-хлоритовая бобово-оолитовая руда.

Отдельные островки бобово-оолитовых руд встречены по линии 5 в дудках 3 и 5.

Гораздо ббльшим распространением пользуются тонкослоистые и грубослоистые гидрогетит-хлоритовые руды. Они оконтурены совместно. В пределах северной залежи эти руды распространены от оврага Матаган до линии  $\frac{10-11}{2}$ , где они прослежены дудкой 4. Как видно, они полосой протягиваются в северо-северо-восточном направлении на 1.2 км при ширине в среднем около 0.3—0.4 км.

К югу от оврага Матаган тонкослоистые и грубослоистые гидрогетит-хлоритовые руды также распространены на довольно значительной площади. Они оконтурены от названного оврага до разведочной линии 4 в виде неправильной полосы, простирающейся в том же направлении. Площадь, занятая этими рудами, прослеживается в длину на 1.2 км и в ширину примерно на 0.20—0.25 км. Следует отметить, что качество тонкослоистых и грубослоистых руд на этой площади неодинаково. Верхние горизонты руд местами представляют собой довольно убогие руды, особенно по линии 6, где они носят глинистый характер. Здесь более богатыми железом являются тонкослоистые руды нижних горизонтов (табл. 9). Мощность этих слоистых руд колеблется от 0 до 2—3 м, в среднем она составляет 1—2 м.

Железные продукты древней коры выветривания широко распространены и занимают почти всю разведанную площадь за исключением оврагов, где они смыты. Оконтуренная их площадь представлена в виде полосы, простирающейся в северо-восточном направлении. Ширина ее от 50—100 до 300—400 м. В западной части участка древняя кора выветривания из-под покрывающих ее мезо-кайнозойских отложений выходит на поверхность и по большей части размыта.

### Промышленные типы и запасы руд

Вопросы выделения промышленных типов руд, выяснения их качества, характера залегания и распространения в пределах рудного участка, имеют чрезвычайно большое значение, как для планирования промышленной разведки и горнодобычных работ, так и для металлургической промышленности. Раньше, еще в годы проведения геолого-разведочных работ на месторождении, в период 1929—1932 гг. местными работниками был установлен принцип деления руды на сорта в зависимости от процентного содержания в ней железа. По этим сортам был проведен подсчет запасов руды. Но впоследствии оказалось, что такой принцип деления руды на сорта явно недостаточен и неправилен. Халиловские руды являются комплексными хромо-никелевыми и кобальтсодержащими рудами, и разделение их на сорта без учета содержания в них никеля, хрома, кобальта, марганца, фосфора, серы и других примесей не могло удовлетворить промышленность. На практике это приводило к тому, что плавка одних и тех же сортов руды давала чугун различного качества.

Выделение промышленных типов руд должно основываться как на их химико-минералогическом составе, так и на строении руды. Должны быть учтены и те кондиции (стандарты), которые предъявляются промышленностью к отдельным типам руд для выплавки различных марок чугуна.

Основываясь на таком принципе, нами были выделены следующие промышленные типы руд: 1) хромо-никелевые тонкослоистые железные руды; 2) хромо-никелевые порошковатые охристые железные руды; 3) хромистые бобово-оолитовые железные руды; 4) гидрогетит-хлоритовые грубослоистые руды.

Из этих типов наибольшим распространением пользуются тонкослои-

стые и порошковатые руды. Бобово-оолитовые руды имеют очень ограниченное распространение, они сосредоточены главным образом около оврага Матаган. Подробная характеристика распространения отдельных типов руд дана была выше.

Хромо-никелевые тонкослоистые руды. Руда этого типа состоит из переслаивающихся тонких пропластков, сложенных гидрогетитом и железистым хлоритом. Гидрогетит буровато-желтый, микрозернистый. Хлорит зеленоватый, по большей части обохренный, отличается непостоянным химическим составом. Под микроскопом в руде обнаруживаются мельчайшие зерна хромшпинелидов и магнетита. Характер строения руды тонкослоистый. Руда большей частью довольно рыхлая и при добыче рассыпается на мелкие куски или в порошокватую массу. Удельный вес тонкослоистых руд колеблется около 3. Средняя мощность руды около 1 м. Залегает она в самых нижних горизонтах рудной толщи. Химическая характеристика дана в табл. 9.

Таблица 9

Средний химический состав тонкослоистых руд по 5 анализам (в %)

Компоненты	Колич.	Компоненты	Колич.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	7.00	CoO . . . . .	0.03
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.20	MnO . . . . .	0.10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	7.00	S . . . . .	0.15
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	65.00	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.30
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2.50	H <sub>2</sub> O . . . . .	15.00
FeO . . . . .	0.50		
MgO . . . . .	1.00	Fe . . . . .	45.00
CaO . . . . .	0.60	Cr . . . . .	1.70
NiO . . . . .	0.58	Ni . . . . .	0.45
		Co . . . . .	0.02

Приведенные данные свидетельствуют о повышенном содержании в руде железа (45%) и о наличии в руде примесей: хрома (1.70%), никеля (0.45%) и кобальта (0.02—0.03%).

Глинозем и кремнезем содержатся почти в одинаковом количестве (около 7.00%). Как видим, тонкослоистые руды по своему составу относятся к выссосортным комплексным хромо-никелевым железным рудам.

Хромо-никелевые порошковатые охристые руды. К этому типу относятся порошковатые и комковатые рыхлые продукты древней коры выветривания серпентинитов. Образование этих продуктов происходит за счет замещения гидрогетитом карбонатизированных и местами окремненных участков древней коры выветривания серпентинитов. Порошковатые руды накапливаются в виде отдельных участков и гнезд различной величины. Они пользуются широко распространением в пределах разведанной площади. Удельный вес их около 3. Основная масса порошковатых руд состоит из гидрогетита, реже из эренвертита, железистого хлорита и кварца. В руде в виде мельчайших зерен присутствуют хромшпинелиды и магнетит.

По своему химическому составу (табл. 10) эти порошковатые продукты коры выветривания могут быть отнесены к рудам промышленного типа. Наличие же в них легирующих примесей: хрома, никеля и кобальта позволяет считать их, так же как и предыдущий тип, хромо-никелевыми комплексными рудами.

Хромистые бобово-оолитовые железные руды. Руды этого типа состоят из различного количества бобов, оолитов, кластиче-

Таблица 10  
Средний химический состав порошковатых руд  
по 5 анализам (в %)

Компоненты	Колич.	Компоненты	Колич.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	11.00	CoO . . . . .	0.01
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.13	MnO . . . . .	0.50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	3.00	S . . . . .	0.03
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	65.00	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.36
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2.00	H <sub>2</sub> O . . . . .	13.89
FeO . . . . .	0.50		
MgO . . . . .	0.50	Fe . . . . .	45.00
CaO . . . . .	0.50	Ni . . . . .	0.50
NiO . . . . .	0.65	Cr . . . . .	1.43
		Co . . . . .	0.007

ского материала и гидрогетит-хлоритовой цементирующей массы. Бобы и оолиты состоят главным образом из гидрогетита и реже из железистых хлоритов и гидрогематита. Иногда в бобах и оолитах наблюдаются мельчайшие микроскопические зерна хромшпинелидов и магнетита. Кластический материал представлен гальками и песчинками гидрогетита, гидрогематита, кварца, хлорита и гидраргиллита.

Руда крепкая, тяжеловесная, плотная. Удельный вес ее около 4. Ею сложены самые верхние горизонты рудной толщи. Иногда руда бывает разбита вертикальными трещинами. Мощность руды колеблется от 0 до 2 м и составляет в среднем около 1.5 м. Она распространена на незначительной площади, которая по данным разведочных работ едва ли превышает 10—15 тыс. м<sup>2</sup>. Как видим, запасы этой руды здесь очень ограничены.

Таблица 11  
Средний химический состав бобово-оолитовых руд  
по 4 анализам (в %)

Компоненты	Колич.	Компоненты	Колич.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	9.00	CoO . . . . .	0.01
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.20	MnO . . . . .	0.25
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	8.50	S . . . . .	0.05
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	70.00	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	1.39
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2.50	H <sub>2</sub> O . . . . .	6.00
FeO . . . . .	1.50		
MgO . . . . .	0.80	Fe . . . . .	49.00
CaO . . . . .	0.50	Ni . . . . .	0.20
NiO . . . . .	0.25	Co . . . . .	0.01
		Cr . . . . .	1.70

Химический состав бобово-оолитовых руд (табл. 11) позволяет отнести эти руды к промышленному типу. Руда содержит повышенное количество Fe (49%), а также хром в количестве около 1.70%. Содержание фосфора сравнительно высокое (1.39% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

Гидрогетит-хлоритовые грубослоистые руды. Руда желтовато-бурого цвета, состоит главным образом из гидрогетита и хлорита. Обладает грубослоистой текстурой. Удельный вес ее около 3. Крепость — средняя. Мощность руды колеблется от 1 до 3 м.

Из данных химических анализов (табл. 12) видно, что грубослоистые руды относятся к низкосортным рудам. Они бедны железом (27.50%), имеют повышенное содержание кремнезема (29%) и глинозема (17%).

Таблица 12  
Средний химический состав грубослоистых руд  
по 8 анализам (в %)

Компоненты	Колич.	Компоненты	Колич.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	29.00	CoO . . . . .	0.01
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.10	MnO . . . . .	0.20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	17.50	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.02
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	35.00	H <sub>2</sub> O . . . . .	0.20
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1.80	S . . . . .	13.00
FeO . . . . .	0.00		
MgO . . . . .	2.50	Fe . . . . .	27.50
CaO . . . . .	0.40	Cr . . . . .	1.22
NiO . . . . .	0.25	Ni . . . . .	0.20
		Co . . . . .	0.01

Количество хрома достигает в них 1.22%. В руде присутствуют также никель и кобальт.

Запасы руд. В результате геолого-разведочных работ 1929—1931 гг. запасы железных руд по Георгиевскому месторождению были подсчитаны по сортам и утверждены в следующих количествах: по категории А<sub>2</sub> 1178.5 тыс. т, по категории В 5736.7 тыс. т, а всего по А<sub>2</sub>+В 6915.2 тыс. т.

В 1938—1939 гг. запасы были пересчитаны С. Д. Батищевым-Тарасовым и вновь утверждены ВКЗ в 1940 г. по категории С<sub>1</sub> в количестве 6735 тыс. т руды.

### 3. НОВО-КИЕВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ<sup>1</sup>

(М. И. Калганов и С. Д. Левина) \*

#### Введение

Ново-Киевское железорудное месторождение расположено в 17 км на север от ст. Халилово близ пос. Ново-Киевского. Месторождение ограничивается координатами 58°9' и 58°11' в. д. (по Гринвичу) и 51°29' и 51°32' с. ш. Естественной северной границей месторождения является долина р. Сальрки, южной границей — овраг Кондузак. Почти по середине месторождения проходит большой широтный овраг Медный Лог, который делит его на две неровные залежи — северную (меньшую) и южную (большую). Северная залежь эксплуатируется, и со ст. Губерля до рудника проведена железнодорожная ветка.

В течение 1932—1937 гг. на месторождении различными лицами от различных учреждений велись разведочные и научно-исследовательские работы по изучению минералогического состава рудной толщи, генезиса месторождения, производились также опытные плавки руд на нескольких металлургических заводах Союза и даже за границей. При этих плавках и было установлено высокое качество халиловских чугунов и сталей.

В 1938 г. на Ново-Киевском месторождении М. И. Калгановым и В. А. Калгановой составлена детальная геологическая карта месторождения в масштабе 1 : 5000, собран дополнительный материал по химическому и минералогическому составу руд и строению и условиям залегания рудной толщи и произведено бороздовое опробование по типам руд на северной залежи.

<sup>1</sup> Разделы 1, 2, 3, 8 и 9 написаны М. И. Калгановым, разделы 4, 5, 6 и 7 написаны авторами совместно.

\* ИГН. Выпуск 67. Серия рудных месторождений (№ 6), 1941.

Орографически район Ново-Киевского месторождения представляет собой возвышенное водораздельное плато (сырты) и слабо бугристые склоны долин рек.

Максимальная абсолютная высота в пределах месторождения водораздельного плато имеет отметку 376.97 м (Репер «Подсолнечный»), минимальная высота в долине р. Салырки против западной границы северной залежи имеет отметку в 282 м. Таким образом относительное превышение достигает 95 м. Несколько западнее месторождения, ближе к устью р. Губерли, отметки долины р. Салырки, оврагов Медный Лог и Кондузак не превышают 250 м, а относительная высота водораздельных плато равна 120—130 м.

В пределах месторождения находятся два небольших водораздельных плато (северное и южное), на которых располагаются северная и южная железорудные залежи. Эти плато, сложенные серпентинитами, покрытыми рыхлыми юрскими и меловыми осадками, имеют слабо всхолмленную поверхность.

С севера одно плато ограничено долиной р. Салырки, с юга оврагом Медный Лог, который является одновременно северной границей южного плато (южной залежи). Южной границей этого последнего является овраг Кондузак с многочисленными безыменными овражками, впадающими в него в его верховьях.

Склоны оврагов Медный Лог и Кондузак довольно круты и имеют холмистый и мелкопочечный рельеф. Они сложены серпентинитами, что и обуславливает резкий характер рельефа.

Склоны долины р. Салырки сложены в пределах месторождения рыхлыми юрскими и меловыми образованиями (глинами, суглинками и песками) и поэтому имеют довольно пологий характер. Профили долин оврагов и р. Салырки имеют довольно простое строение. От русла потока идет невысокая (1—1.5 м) пойменная терраса шириною от 30 до 100 м, затем более высокая (до 4 м) первая терраса. Террасы эти сложены песчаноглинистым материалом и галькой серпентинитов, сланцев, опок и других пород.

Основной водной артерией в районе является р. Большая Губерля, которая протекает в 2 км на запад от месторождения. Непосредственно у северной залежи месторождения протекает мелководная речка Салырка, левый приток р. Губерли. Она течет в северо-восточном направлении по пос. Ново-Киевскому и снабжает водой как население поселка, так и рудник Халилруды. В жаркое лето эта речка во многих местах пересыхает. Овраги Медный Лог и Кондузак в летнее время в своем верхнем течении безводны, и лишь в среднем их течении в некоторых местах сохраняется вода, а ниже появляется постоянный ручей.

Что касается грунтовых вод, то в пределах месторождения их уровень находится довольно низко и только в долине р. Салырки он расположен на глубине 4—5 м. Все дудки, пройденные на северной и южной залежах, были сухими, за исключением двух (дудка 9, линия 0 и дудка 6, линия 11) на северной залежи, где на глубине 25—27 м в слое суглинка появилась вода. В этих дудках рудное тело уже выклинивается или совсем не обнаружено (дудка 6, линия 11). Таким образом на всей площади месторождения рудное тело залегает выше уровня грунтовых вод.

Для нужд рудника (паровозов, экскаваторов и пр.) Халилруда пользуется водой из р. Салырки, на которой создано небольшое водохранилище (возведена плотина), для нужд же рабочего поселка, расположенного на левом склоне оврага Медный Лог, пробурена скважина у русла

оврага, которая встретила воду на глубине 60 м. Хотя уровень воды в скважине в дождливое время значительно повышается, все же можно отметить, что грунтовые воды находятся на довольно большой глубине.

### Геологическое строение района месторождения

Наиболее древними породами в пределах Ново-Киевского месторождения являются широко развитые серпентиниты, а также габбро, габбро-пегматиты и пироксениты, которым многими исследователями приписывается среднекарбонный возраст. Далее идут юрские отложения, залегающие непосредственно на серпентинитах и представленные галечниками, песками, суглинками и глинами. Осадки мелового возраста сложены галечниками, кварцевыми и глауконитовыми песками, суглинками, глинами, мергелями и опоками. К третичным образованиям относятся суглинки и кварциты, четвертичные же и современные отложения представлены суглинками, песками и галечниками. Описание отдельных пород начнем с более древних образований.

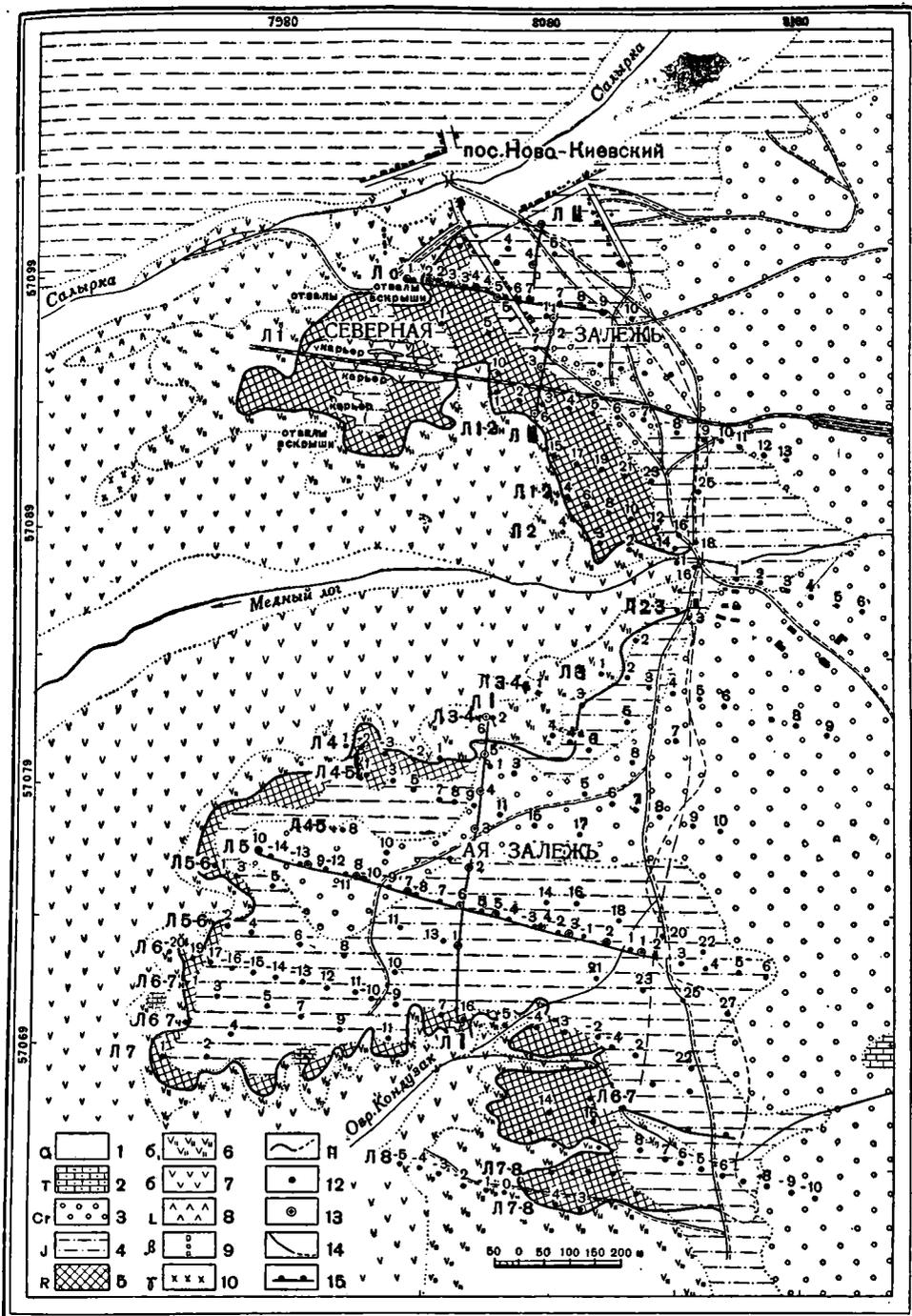
### Палеозойские породы

Серпентиниты занимают довольно большую площадь на карте месторождения (фиг. 1). Они слагают главным образом западную часть планшета и являются восточной окраиной большого так называемого Халиловского массива, который тянется в меридиональном направлении на 30 км и имеет площадь около 150 км<sup>2</sup>. Граница серпентинитов и юрских и меловых осадочных пород извилистая, и часто эти осадочные породы в виде отдельных языков заходят далеко на запад, в пределах распространения серпентинитов, а эти последние, в свою очередь, прослеживаются по долинам рек и оврагов далеко на восток, в полосе развития юрских и меловых осадочных образований.

Серпентиниты подстилают железорудную толщу месторождения. По направлению на восток поверхность их постепенно понижается, и они уходят под мезозойский осадочный комплекс.

В выходах, приуроченных к сыртам, серпентиниты в большинстве случаев сильно изменены. Это изменение выражается в образовании мощной коры выветривания, которая представлена охристой, нонtronитовой, силицифицированной и карбонатной зонами. Свежие, неизмененные или слабо измененные серпентиниты, выходящие на дневную поверхность главным образом по склонам и долинам оврагов, представляют собой плотную темнозеленую скрытокристаллическую породу, на общем темном фоне которой резко выделяются коричнево-золотистые зерна биотита. Иногда эти породы пронизаны тонкими карбонатными и кварцевыми прожилками. Нередки также мелкие трещинки, заполненные волокнистым хризотил-асбестом. В зонах смятия можно иногда наблюдать неправильные скопления хрупкого, ломающегося хризотил-асбеста с длиной волокон до 30—35 см. Очень часто в серпентинитах наблюдаются плоскости и зеркала скольжения и даже зоны смятия и расланцевания. Одна из таких зон смятия выходит в овраге южной залежи приблизительно в 200 м к востоку от карьера № 2. Она имеет мощность 25—30 м и является, по видимому, продолжением сброса, пересекающего толщу юрских отложений у рабочего поселка Халилруды.

Микроскопические наблюдения показывают, что серпентиниты состоят из хризотила, бастита, редких зерен пироксена, хромшпинелидов, магнетита, талька и вторичных: гидрогетита, опала, магнезита и кальцита. Структура породы обычно петельчатая, иногда решетчатая, но разновидности породы с включениями крупных зерен бастита и ромбического пироксена имеют порфириовидную структуру. Нередко более толстые волокна пронизывают породу в виде микроскопических шну-

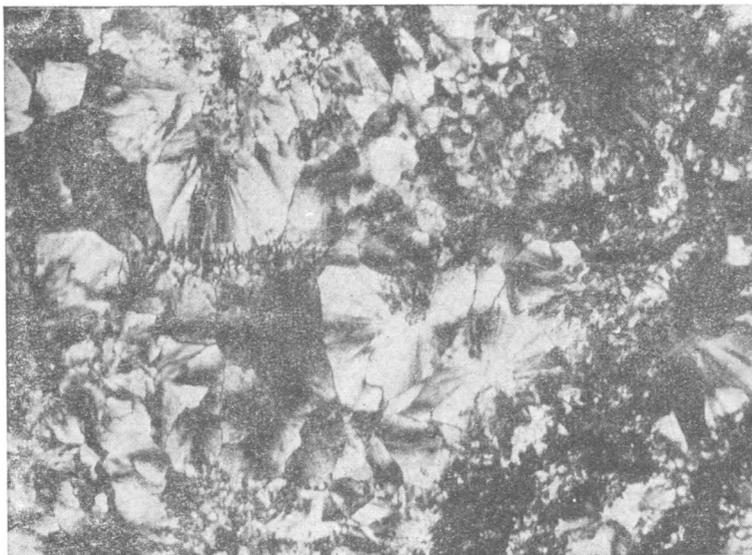


Фиг. 1. Геологическая карта Ново-Киевского железорудного месторождения. Халиловский район. Южный Урал. 1938 г.

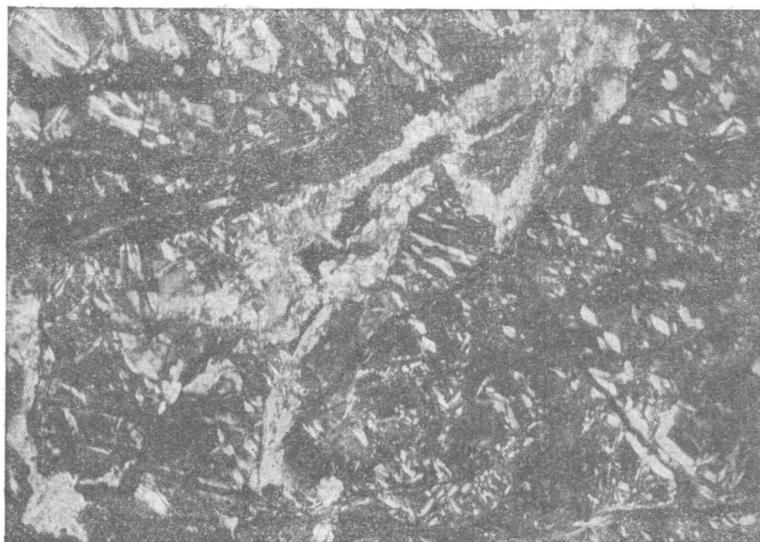
1—четвертичные и современные речные отложения; 2—третичные кварциты; 3—меловые морские и континентальные отложения: глауконит, пески, опоки, мергели, галечники, пески, суглинки, глины; 4—юрские континентальные отложения: галечники, пески, суглинки и глины; 5—руда железная; 6—серпентиниты силицифицированные и ожелезненные; 7—серпентиниты; 8—габбро; 9—габбро-пегматиты; 10—пироксениты; 11—граница рудного тела; 12—дудки, пройденные прежней разведкой; 13—дудки, пройденные отрядом Акад. Наук; 14—линия сброса; 15—линии разрезов.

рочков и прожилков. На фиг. 2 и 3 показаны некоторые структурные особенности серпентинитов.

Габбро на карте месторождения представлено лишь одним небольшим массивом, который располагается в 300 м от западной гра-



Фиг. 2. Хризотиловый серпентинит с порфиоровидным включением пироксена, переходящего в хризотил. Шлиф 217,  $\times 45$ . Николи +



Фиг. 3. Хризотиловый серпентинит с карбонатным прожилком (светлосерый). Шлиф 218,  $\times 45$ . Николи +

ницы северной железорудной залежи. Этот массив имеет в плане неправильную продолговатую форму с наибольшей шириной в 100 м и длиной в 400 м. Он вытянут в северо-восточном направлении по азимуту около  $50^\circ$ .

Габбро прорывают серпентиниты, но по мнению Коптева-Дворникова (Коптев-Дворников и Ульянов, 1932) и А. В. Хабакова (1935<sub>1</sub>) являются дифференциатами первичного очага одной и той же основной магмы, из которой образовались перидотиты, перешедшие потом в серпентиниты.

По мнению этих авторов габбро и другие интрузивные тела (пироксениты, диабазы, плагиоклазиты) интродировали в перидотиты в карбоновое время главным образом вдоль зон смятия и рассланцевания.

Микроскопически габбро представляет собой среднезернистую породу темносерого, иногда темно- и светлозеленоватого цвета, очень крепкую. На плоскостях разлома хорошо видны темные игольчатые и волокнистые кристаллы роговой обманки, чередующиеся с светлыми агрегатами полевых шпатов. На выветрелых плоскостях полевые шпаты каолинизированы. В некоторых участках полевые шпаты качественно преобладают над темными компонентами, и тогда порода принимает более светлый облик. Порода иногда бывает пронизана тонкими кварцевыми и карбонатными прожилками.

Под микроскопом видно, что порода состоит из зеленовато-бурой роговой обманки, основного плагиоклаза № 60, магнетита и пироксена. Структура породы равномернозернистая, с неясно выраженной последовательностью выделения плагиоклаза, роговой обманки и пироксена. В наиболее светлых разностях преобладает основной плагиоклаз, а роговая обманка и пироксен лишь изредка заполняют пространство между зернами плагиоклаза.

На запад от описываемого массива, приблизительно в 1.5 км от западного конца пос. Ново-Киевского, т. е. уже за пределами описываемого планшета, находится большой габбровый массив, по своему минералогическому составу и условиям залегания почти аналогичный только что описанному. На периферических частях этого массива, особенно в его северной части, наблюдается сильная рассланцованность. Отмечается некоторое увеличение пироксена. Исходя из минералогического состава и текстуры, эту породу можно отнести к амфиболитам.

Габбро-пегматиты встречаются в районе сравнительно редко. Они обнаружены на левом склоне долины р. Салырки у юго-западного конца пос. Ново-Киевского среди серпентинитов (на возвышенности у огородов). По направлению к руслу реки от коренного выхода, по склону долины встречаются небольшие глыбы тех же пегматитов. Судя по характеру распространения этих глыб пегматитовая жила имеет меридиональное простираение. Мощность этой жилы 1—1.5 м. Наблюдается резкий переход от пегматита к серпентиниту.

Габбро-пегматиты представляют собой крупнокристаллическую породу, состоящую из пироксена и плагиоклаза. Отдельные кристаллы диаллага достигают в длину до 15 см и в поперечнике до 4—5 см, но подавляющая масса кристаллов имеет в длину 3—4 см. Кристаллы основного плагиоклаза достигают в длину 3—4 см при поперечнике до 1.5—2 см.

Пироксен количественно преобладает над плагиоклазом, который локализуется в виде отдельных гнезд, приуроченных главным образом к периферическим частям жилы. Иногда плагиоклаз заполняет промежутки между кристаллами пироксена. Кристаллы пироксена без всякой закономерности ориентированы в различных направлениях, и часто одни кристаллы вырастают или прорастают другие, иногда же наблюдается простое срастание или наложение одних кристаллов на другие.

Кристаллы плагиоклаза в большинстве случаев подвергались каолинизации и утратили свой облик, а в тех случаях, когда их форма еще сохранилась, они сильно покрыты цоизитовой мутью. Местами наблюдаются скопления изотропного глинистого вещества или хорошо образованные радиально-лучистые чешуйчатые агрегаты каолинита.

Пироксениты представлены на карте одним лишь небольшим выходом, который находится в 450 м на юго-запад от западной оконечности северной железорудной залежи. Этот выход по форме представляет собой шток эллипсоидного сечения (200×100 м). Он образует небольшую сопку, которая возвышается метров на 40 над вмещающими его серпентинитами. На контакте с пироксенитами серпентиниты обычно слегка рассланцованы и пронизаны густой сетью белых карбонатных прожилков.

Под микроскопом пироксенит состоит из моноклинного пироксена, титанита, цоизита и изотропной массы, которая как бы цементирует зерна пироксена. Эта масса, которой присутствие гидрокислов железа придает иногда желтовато-бурый оттенок, является продуктом разрушения пироксена.

Пироксен представлен мелкими зеленоватыми, слабо плеохрончными зернами неправильных и неясных очертаний, постепенно переходящими в изотропную массу. Наблюдается изогнутость, смятие и раздробление зерен пироксена.

### Древняя кора выветривания

Древняя кора выветривания, широко распространенная в Халиловском районе на основных метаморфических породах, в пределах Ново-Киевского месторождения развита только на серпентинитах. На выходах габбро и пироксенитов, представляющих собой возвышенности с крутыми склонами, рыхлые продукты коры выветривания смыты.

Наибольшим распространением в районе Ново-Киевского месторождения пользуется карбонатная и силицифицированная зона серпентинитов, охристая зона распространена значительно меньше, чем две предыдущие, а зона нонтронитовая представлена лишь отдельными незначительными участками, сохранившимися иногда под юрскими осадочными железными рудами.

Карбонатная зона залегает на свежих серпентинитах, с которыми она связана постепенными переходами, и покрывается обычно силицифицированными серпентинитами; во многих местах, однако, последние отсутствуют, и тогда она или выходит на дневную поверхность или прикрыта охрами, нонтронитами и юрскими осадочными образованиями. На дневную поверхность карбонатная зона выходит в западной части планшета и тянется полосой от северной железорудной залежи до сырта Дюрт-кель-тубе. С запада эта полоса сменяется неизменными серпентинитами, а с востока уходит под силицифицированные серпентиниты и юрские осадки. Мощность карбонатной зоны, судя по относительным превышениям склонов и оврагов, сложенных карбонатизированными серпентинитами, достигает иногда 60—70 м. В нижних горизонтах этой зоны серпентиниты сильно пронизаны многочисленными жилами и прожилками магнезита. В состав этих жил и прожилков входят также кальцит, арагонит, доломит и сидерит. Иногда магнезит составляет не менее 50% от всей массы породы. Нередко он образует довольно большие линзы и неправильной формы скопления, которые можно уже с выгодой эксплуатировать.

В более высоких горизонтах этой зоны порода становится более рыхлой, и среди карбонатов количественное преобладание переходит к кальциту. Во многих местах такие рыхлые карбонатизированные серпентиниты подстилают непосредственно железорудную толщу.

Среди карбонатизированных серпентинитов широко развиты карстовые явления. Карстовые воронки и углубления встречаются не только на обнаженных выходах, но часто и на подземной поверхности серпентинитов, скрытых под юрскими осадочными образованиями. На северной залежи в рудничном карьере в 1938 г. было обнаружено несколько кар-

стовых пещер длиной до 12—15 м при ширине около 2 м и высоте 1,8 м. Этими явлениями можно объяснить смещения и нарушения железорудных пластов, которые хорошо наблюдаются в карьерах и дудках Ново-Киевского и других месторождений, где залегающие вообще горизонтально тонкослоистые и иные руды иногда вдруг приобретают большой наклон и повторяют на небольшом расстоянии неровные очертания (выступы и впадины) серпентинитов. В таких местах тонкослоистые руды обычно сильно раздроблены, превращены в щебень и иногда становятся в притык к вышележащим грубослоистым и бобовым рудам. Поскольку такое нарушенное залегание рудных пластов обусловлено не тектоническими явлениями, то оно может быть вызвано обрушением рудных пластов в карстовые воронки и углубления в карбонатизированных серпентинитах.

Силицифицированные серпентиниты развиты главным образом по западной окраине обеих железорудных залежей. Здесь они узкой полосой выходят на дневную поверхность и восточнее скрываются под рудной толщей, под которой они иногда встречаются и в центральных и восточных частях залежей, образуя почти всегда возвышенные участки подземного серпентинитового рельефа, нарушающие нормальный ход очистных работ на Ново-Киевском руднике. Мощность зоны силицифицированных серпентинитов достигает 4—5, иногда 10 м. Макроскопически это довольно крепкая монолитная порода, напоминающая сливные кварциты. Гидроокислами железа она окрашена в светлый бурый или желтоватый, а иногда розоватый цвет. Нередко среди этих серпентинитов встречаются светлые кварцевые прожилки, в которых кристаллы кварца почти всегда образуют друзы, шестовидные гребенчатые агрегаты или щеточки. Во всех случаях рост кристаллов идет от стенок к центру прожилка. Часто также встречаются и правильные призматически прозрачные кристаллы горного хрусталя длиной от 0,3 до 1 см. Иногда среди силицифицированных серпентинитов встречаются карбонатные прожилки и неправильные скопления.

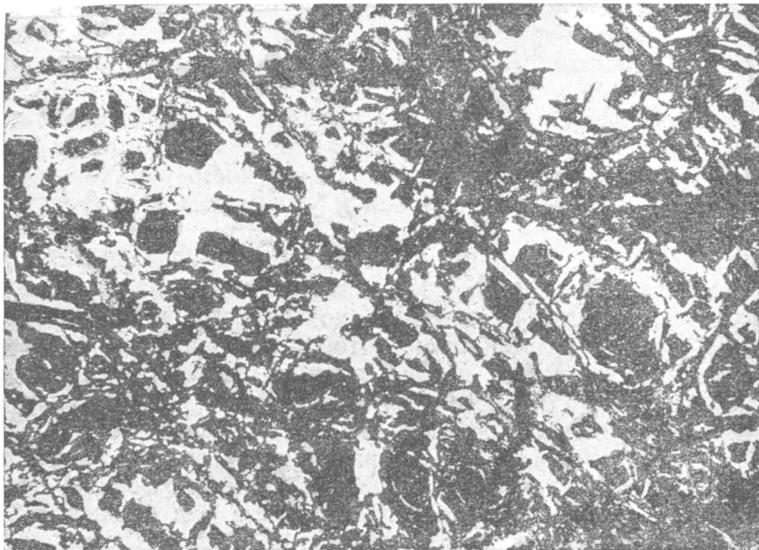
Эти серпентиниты подвергались процессам выщелачивания особенно интенсивно в карбонатизированных участках. При выщелачивании выносились кремнезем и карбонаты, причем во многих местах порода обогащалась гидроокислами железа, образовавшими среди серпентинитов плотные монолитные участки, сложенные гидрогетитом, или рыхлые охристые разности. Иногда такого обогащения не происходило, и тогда в породе образуются пустоты и она принимает характерный ноздреватый вид, нередко напоминающий пчелиные ячеистые соты.

Микроскопические наблюдения показывают, что силицифицированные серпентиниты состоят из кварца, гидрогетита, халцедона и реже хлоритов, карбонатов. Очень редко встречаются участки, где частично сохранился еще хризотил. В подавляющем большинстве случаев серпентинит нацело замещен кварцем, халцедоном и гидроокислами железа и лишь иногда сохраняется характерная структура серпентинита. Кварц представлен зернами различной величины, которые имеют неодновременное угасание (мозаичная структура). Часто зерна кварца с периферии разрастаются и замещаются гидрогетитом. Гидрогетит образует отдельные участки и прожилки и иногда количественно не уступает кварцу, а в некоторых случаях даже преобладает над ним.

Халцедон имеет локальное распространение и приурочен главным образом к пустотам и трещинам. Он представлен волокнистыми, радиально-лучистыми агрегатами, которые имеют волокнистое угасание и напоминают собой лепестки белых цветов (см. фиг. 5).

Микрофотографии силицифицированных и обогащенных гидроокислами железа серпентинитов (фиг. 4—6) показывают количественное соотношение кварца и гидрогетита и структурное расположение этих минералов.

Нонтронитизированные серпентиниты в пределах месторождения не имеют большого площадного распространения и не достигают большой мощности, хотя в 4 км на восток от пос. Ново-Киев-



Фиг. 4. Силицифицированный серпентинит. Белый — кварц. Черный — гидрогартит. Шлиф 222,  $\times 45$ . Николи ||



Фиг. 5. Халцедон в силицифицированном серпентините. Шлиф 205,  $\times 45$ . Николи +

ского эта зона достигает мощности в 4—5 м, занимает большую площадь и детально разведывается как никелевое месторождение.

В пределах южной залежи Ново-Киевского железорудного месторождения нонтронитизированные серпентиниты выходят на дневную поверхность в верховьях оврага Кондузак и отдельными пятнами располагаются на площади рудной залежи. Здесь они прикрыты железоруд-

ной толщей и подстилаются карбонатизированными выщелоченными серпентинитами. На северной залежи нонтрониты приурочены главным образом к западной ее половине. Они залегают между тонкослоистыми железными рудами и карбонатизированными серпентинитами, с которыми они связаны постепенными переходами. Характерно, что нигде в районе месторождения нонтрониты не залегают на силифицированных серпентинитах и нигде ими не покрываются.

Нонтронитовые участки занимают небольшую площадь и приурочены к пониженным частям подземного рельефа серпентинитов. Мощность рыхлого нонтронитового слоя колеблется от 0.5 до 1.5 м.

Нонтронитизированные серпентиниты представляют собой рыхлую глиноподобную массу темно-, светло- и желто-зеленого цвета, иногда пропитанную карбонатами и сильно вскипающую при действии на нее HCl.



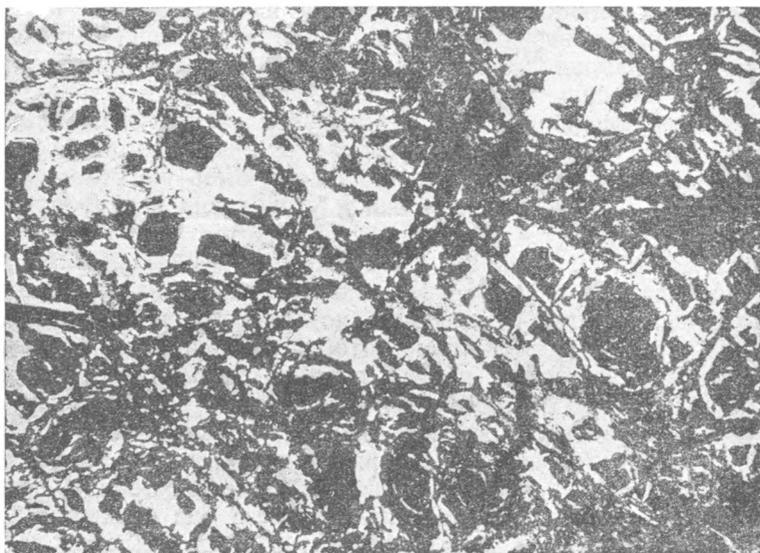
Фиг. 6. Кварцевые прожилки (белые) среди гидрогетитовой массы в силифицированном серпентините. Шлиф 267,  $\times 45$ . Николи ||

Микроскопические наблюдения показывают, что эта масса состоит из нонтронита, хризотила, хлорита, хромшпинелидов, магнетита, басти-та, и реже пироксена, кварца, халцедона, опала, кальцита, магнезита, гидрогетита, гидрогематита, гипса и каолинита (?). Нонтронитовая зона содержит в своем составе от 1 до 2% никеля и потому имеет большую практическую ценность. При небольшом площадном распространении и малой мощности эта зона здесь не может быть использована как руда на никель, но она с успехом может идти в качестве добавки к железным хромо-никелевым рудам для повышения содержания в них никеля.

Охристая зона коры выветривания серпентинитов встречается в пределах обеих залежей. На северной залежи эта зона выходит на дневную поверхность по западной и южной окраинам. Она здесь включена в контур рудного тела, так как по содержанию железа и легирующих примесей — хрома и никеля, она представляет собой железную руду.

Кроме того охристая зона подстилает осадочную железорудную толщу больше, чем на половине площади всей северной залежи. Мощность этой зоны колеблется здесь от 0.5 до 2 м, но на юго-восточном блоке залежи, при выходе охристой зоны на дневную поверхность, мощность ее достигает 8—10 м. На южной залежи выход охристой зоны

Нонтронитизированные серпентиниты в пределах месторождения не имеют большого площадного распространения и не достигают большой мощности, хотя в 4 км на восток от пос. Ново-Киев-



Фиг. 4. Силицифицированный серпентинит. Белый — кварц. Черный — гидрогетит. Шлиф 222,  $\times 45$ . Николи  $\parallel$



Фиг. 5. Халцедон в силицифицированном серпентините. Шлиф 205,  $\times 45$ . Николи  $+$

ского эта зона достигает мощности в 4—5 м, занимает большую площадь и детально разведывается как никелевое месторождение.

В пределах южной залежи Ново-Киевского железорудного месторождения нонтронитизированные серпентиниты выходят на дневную поверхность в верховьях оврага Кондузак и отдельными пятнами располагаются на площади рудной залежи. Здесь они прикрыты железоруд-

ной толщей и подстилаются карбонатизированными выщелоченными серпентинитами. На северной залежи нонтрониты приурочены главным образом к западной ее половине. Они залегают между тонкослоистыми железными рудами и карбонатизированными серпентинитами, с которыми они связаны постепенными переходами. Характерно, что нигде в районе месторождения нонтрониты не залегают на силифицированных серпентинитах и нигде ими не покрываются.

Нонтронитовые участки занимают небольшую площадь и приурочены к пониженным частям подземного рельефа серпентинитов. Мощность рыхлого нонтронитового слоя колеблется от 0.5 до 1.5 м.

Нонтронитизированные серпентиниты представляют собой рыхлую глиноподобную массу темно-, светло- и желто-зеленого цвета, иногда пропитанную карбонатами и сильно вскипающую при действии на нее HCl.



Фиг. 6. Кварцевые прожилки (белые) среди гидрогетитовой массы в силифицированном серпентините. Шлиф 267,  $\times 45$ . Николи ||

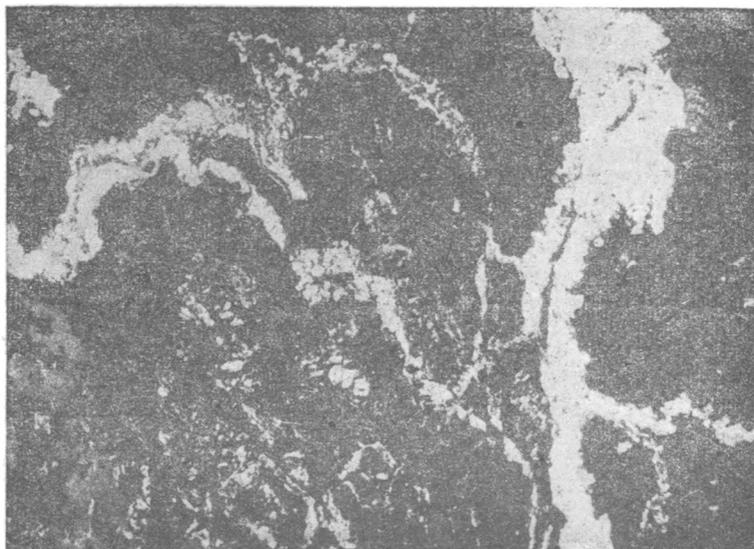
Микроскопические наблюдения показывают, что эта масса состоит из нонтронита, хризотила, хлорита, хромшпинелидов, магнетита, бастита, и реже пироксена, кварца, халцедона, опала, кальцита, магнезита, гидрогетита, гидрогематита, гипса и каолинита (?). Нонтронитовая зона содержит в своем составе от 1 до 2% никеля и потому имеет большую практическую ценность. При небольшом площадном распространении и малой мощности эта зона здесь не может быть использована как руда на никель, но она с успехом может идти в качестве добавки к железным хромо-никелевым рудам для повышения содержания в них никеля.

Охристая зона коры выветривания серпентинитов встречается в пределах обеих залежей. На северной залежи эта зона выходит на дневную поверхность по западной и южной окраинам. Она здесь включена в контур рудного тела, так как по содержанию железа и легирующих примесей — хрома и никеля, она представляет собой железную руду.

Кроме того охристая зона подстилает осадочную железорудную толщу больше, чем на половине площади всей северной залежи. Мощность этой зоны колеблется здесь от 0.5 до 2 м, но на юго-восточном блоке залежи, при выходе охристой зоны на дневную поверхность, мощность ее достигает 8—10 м. На южной залежи выход охристой зоны

на дневную поверхность также окаймляет полосой рудное тело с севера, запада и юга и, кроме того, уходит под осадочную рудную толщу и подстилает последнюю главным образом в периферических частях. По разведочным линиям 4 и 3—4 нечетная, и значительно севернее этих линий, охристая зона залегает под осадочной рудной толщей почти непрерывным слоем на всей площади рудной залежи.

Охристая зона сложена очень рыхлой порошковатой массой светло-желтого, буроватого, а иногда и черного цвета. Охристая масса почти всегда связана постепенными переходами с ожелезненными силицифицированными серпентинитами и лишь в очень редких случаях образует небольшой покров на нонтронитовой зоне. Здесь, повидимому, мы имеем дело с другим генетическим типом охр, чем на никелевом месторождении Айдербак, где зона красных и розоватых гидрогематитовых охр образуется непосредственно на нонтронитовой зоне.



Фиг. 7. Охристый гидрогетит (темные) с тонкими кварцевыми прожилками (светлые) из охристой зоны коры выветривания. Шлиф 269,  $\times 45$ . Николи ||

Очень часто среди охристой массы встречаются кварцевые прожилки различной мощности, которые иногда образуют среди охристой сыпучей массы устойчивый сетчатый остов. Нередко кварц этих прожилков бывает выщелочен или превращен в так называемый «мучнистый кремнезем», представляющий собой мелкий кварцевый порошок. Иногда среди охристой массы (там, где она имеет большую мощность) встречаются большие глыбовые участки и линзы крепких силицифицированных серпентинитов, которые, повидимому, не успели еще полностью перейти в охристую массу.

Микроскопические исследования показывают, что охристая масса состоит из микрочешуек гидрогетита, кварца, реже хлорита, кальцита и изотропного глинистого вещества. Гидрогетит количественно преобладает над другими минералами. Кварц встречается в виде мельчайших зерен, а в тех местах, где процесс выщелачивания кварца не прошел до конца, иногда сохраняется на больших участках или даже в виде прожилков (фиг. 7). Участки охры, имеющие черный цвет, образуют линзы и неправильные скопления среди основной желтой охристой массы. Эти участки приурочены к контакту силицифицированных серпентинитов, и темная окраска их зависит от обильной примеси марганцовистого ми-

нерала — псиломелан-вада. Химические анализы таких черных охр дают до 30% MnO.

Подводя итоги нашему краткому обзору коры выветривания серпентинитов, мы можем отметить, что процессы выветривания не только создали такие практически полезные образования, как охристая и нон-тронитовая зоны, но сыграли также в прошлом роль поставщиков того материала, из которого впоследствии образовались осадочные месторождения халиловских железных руд.

### Мезо-кайнозойская толща

Юрские осадочные образования на карте месторождения занимают довольно большую площадь. К отложениям этого возраста относятся железорудная толща и покрывающая ее песчано-глинистая свита. Поскольку рудная толща более детально описана нами ниже, а покрывающие ее юрские и меловые породы подробно описаны в этом сборнике Г. И. Теодоровичем, нам здесь придется лишь в самых общих чертах коснуться осадочных юрских образований.

Песчано-глинистые породы покрывают почти всю площадь южной и большую часть северной залежи. Они же слагают (у самого поселка и восточнее его) склоны долины р. Салырки. Далее, по оврагам Медный Лог и Кондузак эти породы прослеживаются уже восточнее рудных залежей, где они выступают из-под меловых образований.

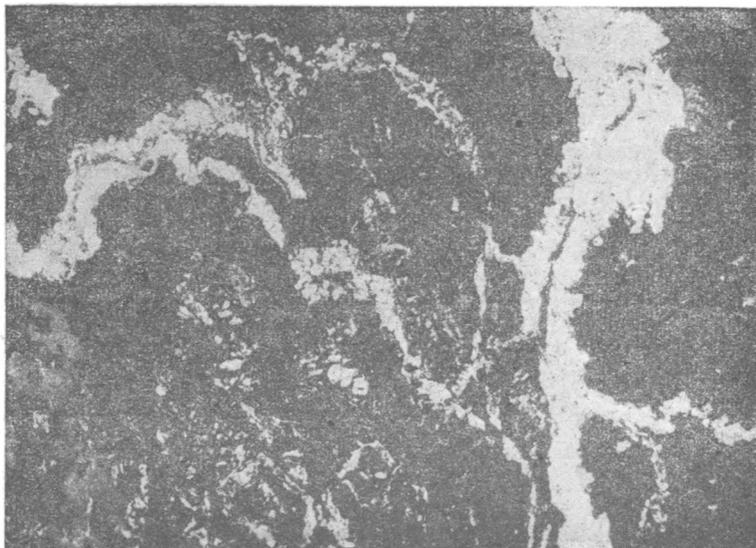
В основании осадочных юрских отложений лежит железорудная залежь, которая подстилается серпентинитами. Эта рудная залежь состоит из различных слоев руд. Самым нижним ее слоем являются тонкослоистые руды, затем идут грубослоистые, на них налегают бобово-оолитовые, которые в свою очередь покрываются конгломератовидными глиноземистыми рудами. Средняя мощность всей рудной залежи равна 3.5 м. В тех местах, где рудная залежь отсутствует (как это наблюдается восточнее рудных тел и на правом берегу р. Салырки, около моста, в самом пос. Ново-Киевском), основанием юрских отложений являются базальные конгломераты, иногда сильно ожелезненные. Мощность их колеблется от 1.5 до 3 м.

Самым нижним горизонтом надрудной толщи обычно является слой углистых глин мощностью в 0.2—0.3 м. Эти глины имеют комковатое сложение, вязки и содержат в своем составе большое количество обломков древесного угля. Иногда встречаются древесные остатки, пропитанные гидроокислами железа, и плохо сохранившиеся отпечатки листьев. Над этим слоем обычно лежит слой желтоватой, иногда зеленоватой вязкой глины мощностью 0.3—0.4 м; в низах этого слоя всегда почти присутствуют редкие гидрогетитовые бобы. Выше залегает 2—3-метровый слой сланцевых глин различных оттенков (розовых, сиреневых, желтых, серых и др.), среди которых встречаются иногда более плотные, ожелезненные песчаные прослойки или плиты толщиной в 10—15 см. Над этим слоем залегает целая серия непостоянных, иногда быстро выклинивающихся и чередующихся между собой слоев разноцветных глин, суглинков, мелкозернистых песков и галечников различной мощности (от 0.2 до 2.3 м). Часто наблюдаются постепенные переходы от одного слоя к другому.

Вся юрская толща залегает почти горизонтально со слабым наклоном (3—5°) на восток. Но на фоне общего горизонтального залегания этой толщи наблюдаются в некоторых местах отдельные небольшие мульдообразные погружения пластов, а иногда и довольно сильные отклонения от общего спокойного залегания всей свиты. Так, например, на северной залежи в карьере при вскрытии рудной толщи был обнаружен синклиальный прогиб песчано-глинистых пластов с падением крыльев под углом 10—25°. Этот прогиб имеет северо-восточное про-

на дневную поверхность также окаймляет полосой рудное тело с севера, запада и юга и, кроме того, уходит под осадочную рудную толщу и подстиляет последнюю главным образом в периферических частях. По разведочным линиям 4 и 3—4 нечетная, и значительно севернее этих линий, охристая зона залегает под осадочной рудной толщей почти непрерывным слоем на всей площади рудной залежи.

Охристая зона сложена очень рыхлой порошковатой массой светло-желтого, буроватого, а иногда и черного цвета. Охристая масса почти всегда связана постепенными переходами с ожелезненными силицифицированными серпентинитами и лишь в очень редких случаях образует небольшой покров на нонтронитовой зоне. Здесь, повидимому, мы имеем дело с другим генетическим типом охр, чем на никелевом месторождении Айдербак, где зона красных и розоватых гидрогематитовых охр образуется непосредственно на нонтронитовой зоне.



Фиг. 7. Охристый гидрогетит (темные) с тонкими кварцевыми прожилками (светлые) из охристой зоны коры выветривания. Шлиф 269,  $\times 45$ . Николи ||

Очень часто среди охристой массы встречаются кварцевые прожилки различной мощности, которые иногда образуют среди охристой сыпучей массы устойчивый сетчатый остов. Нередко кварц этих прожилков бывает выщелочен или превращен в так называемый «мучнистый кремнезем», представляющий собой мелкий кварцевый порошок. Иногда среди охристой массы (там, где она имеет большую мощность) встречаются большие глыбовые участки и линзы крепких силицифицированных серпентинитов, которые, повидимому, не успели еще полностью перейти в охристую массу.

Микроскопические исследования показывают, что охристая масса состоит из микрочешуек гидрогетита, кварца, реже хлорита, кальцита и изотропного глинистого вещества. Гидрогетит количественно преобладает над другими минералами. Кварц встречается в виде мельчайших зерен, а в тех местах, где процесс выщелачивания кварца не прошел до конца, иногда сохраняется на больших участках или даже в виде прожилков (фиг. 7). Участки охры, имеющие черный цвет, образуют линзы и неправильные скопления среди основной желтой охристой массы. Эти участки приурочены к контакту силицифицированных серпентинитов, и темная окраска их зависит от обильной примеси марганцовистого ми-

нерала — псиломелан-вада. Химические анализы таких черных охр дают до 30% MnO.

Подводя итоги нашему краткому обзору коры выветривания серпентинитов, мы можем отметить, что процессы выветривания не только создали такие практически полезные образования, как охристая и нон-тронитовая зоны, но сыграли также в прошлом роль поставщиков того материала, из которого впоследствии образовались осадочные месторождения халиловских железных руд.

### Мезо-кайнозойская толща

Юрские осадочные образования на карте месторождения занимают довольно большую площадь. К отложениям этого возраста относятся железорудная толща и покрывающая ее песчано-глинистая свита. Поскольку рудная толща более детально описана нами ниже, а покрывающие ее юрские и меловые породы подробно описаны в этом сборнике Г. И. Теодоровичем, нам здесь придется лишь в самых общих чертах коснуться осадочных юрских образований.

Песчано-глинистые породы покрывают почти всю площадь южной и большую часть северной залежи. Они же слагают (у самого поселка и восточнее его) склоны долины р. Салырки. Далее, по оврагам Медный Лог и Кондузак эти породы прослеживаются уже восточнее рудных залежей, где они выступают из-под меловых образований.

В основании осадочных юрских отложений лежит железорудная залежь, которая подстилается серпентинитами. Эта рудная залежь состоит из различных слоев руд. Самым нижним ее слоем являются тонкослоистые руды, затем идут грубослоистые, на них налегают бобово-оолитовые, которые в свою очередь покрываются конгломератовидными глиноземистыми рудами. Средняя мощность всей рудной залежи равна 3.5 м. В тех местах, где рудная залежь отсутствует (как это наблюдается восточнее рудных тел и на правом берегу р. Салырки, около моста, в самом пос. Ново-Киевском), основанием юрских отложений являются базальные конгломераты, иногда сильно ожелезненные. Мощность их колеблется от 1.5 до 3 м.

Самым нижним горизонтом надрудной толщи обычно является слой углистых глин мощностью в 0.2—0.3 м. Эти глины имеют комковатое сложение, вязки и содержат в своем составе большое количество обломков древесного угля. Иногда встречаются древесные остатки, пропитанные гидроокислами железа, и плохо сохранившиеся отпечатки листьев. Над этим слоем обычно лежит слой желтоватой, иногда зеленоватой вязкой глины мощностью 0.3—0.4 м; в низах этого слоя всегда почти присутствуют редкие гидрогетитовые бобы. Выше залегает 2—3-метровый слой сланцевых глин различных оттенков (розовых, сиреневых, желтых, серых и др.), среди которых встречаются иногда более плотные, ожелезненные песчаные прослойки или плиты толщиной в 10—15 см. Над этим слоем залегает целая серия непостоянных, иногда быстро выклинивающихся и чередующихся между собой слоев разноцветных глин, суглинков, мелкозернистых песков и галечников различной мощности (от 0.2 до 2.3 м). Часто наблюдаются постепенные переходы от одного слоя к другому.

Вся юрская толща залегает почти горизонтально со слабым наклоном (3—5°) на восток. Но на фоне общего горизонтального залегания этой толщи наблюдаются в некоторых местах отдельные небольшие мульдообразные погружения пластов, а иногда и довольно сильные отклонения от общего спокойного залегания всей свиты. Так, например, на северной залежи в карьере при вскрытии рудной толщи был обнаружен синклиальный прогиб песчано-глинистых пластов с падением крыльев под углом 10—25°. Этот прогиб имеет северо-восточное про-

стирание. Ширина его достигает 40—50 м. В северной части южной залежи мы наблюдаем также нарушение залегания песчаных и глинистых пластов. Здесь обнаружено одно крыло складки, простирающейся на СЗ  $350^\circ$  с падением на СВ  $80^\circ$  под углом  $35^\circ$ .

Кроме указанных нарушений, среди песчано-глинистых отложений наблюдается часто косая слоистость пластов, которая обуславливает быстрое выклинивание и смену одного слоя другим.

Общее представление о строении юрской осадочной толщи дает фиг. 14.

По характеру осадков и по отсутствию среди них фауны эти отложения относятся к континентальным образованиям. Растительные остатки, сохранившиеся в этих отложениях, дали возможность А. Н. Криштофовичу отнести их к нижнеюрскому времени.

Меловые отложения распространены главным образом в восточной части платформы, и лишь на южной залежи они узким клином заходят далеко на запад. Представлены эти отклонения главным образом морскими осадками — галечниками, песками, глауконитовыми песками, мергелями, глинами и опоками. Вопрос о наличии континентальных отложений в районе является спорным. О. П. Смирнова (1932) относит к континентальным меловым образованиям белые плохо окатанные кварцевые пески, которые встречаются на северной и южной залежах, и небольшую по мощности пачку серых и желто-бурых глинисто-песчаных слоев, обнажающихся у железнодорожной выемки между рудником и разъемом Северным. Г. И. Кириченко (1935) допускает для белых кварцевых песков юрский возраст, а пачку слоев серых и желто-бурых глин и песков, мощностью в 2,5—3 м, он относит к континентальному мелу. Г. И. Теодорович (1939) вообще сомневается в существовании континентально-меловых отложений в районе, так как они были установлены вышеуказанными геологами только по аналогии с такими же осадками Актюбинского района. Белые кварцевые пески, поскольку в них не обнаружено флоры, он пока условно считает юрскими, а пачку слоев серых и желто-бурых глин и песков он относит к морскому туруну, который доказан им фаунистически. В согласии с Г. И. Теодоровичем мы также не находим никаких оснований для выделения континентального мела.

Морские же меловые отложения более полно представлены в уже упомянутой железнодорожной выемке и в дудках, расположенных вблизи от этой выемки и по южной залежи.

В основании морских отложений залегают серые глины, которые перемежаются с тонкозернистыми кварцевыми песками и ожелезненными линзами. Глины и пески быстро выклиниваются, заходят друг в друга карманами. Подстилаются они юрскими слюдистыми пестрыми глинами. Эту пачку слоев, мощностью около 3 м, Г. И. Теодорович относит к морскому туруну.

Выше залегают небольшой прослой (0,15—0,20 м) полированного галечника, состоящего из галек кремнистых пород и мергелистого цемента, в котором встречается фауна белемнителл и пеллеципод. На галечниках залегают слои глауконитового песка, который постепенно переходит в толщу серовато-белых мелоподобных мергелей, среди которых часто встречаются выклинивающиеся прослои и линзы светлосерых опок.

В верхах мергелистого слоя появляются глауконитовые пески, перемежающиеся с мергелями и опоками. Г. И. Кириченко (1935) относит эту толщу к маастрихту. Залегание пород почти горизонтальное, но иногда наблюдается небольшой (до  $5^\circ$ ) наклон к востоку. Простираение меловых пород почти меридиональное.

Третичные отложения представлены серыми кварцито-конгломератами и розовыми дырчатыми кварцитами. Серые кварцито-

конгломераты сохранились лишь в двух местах, в пределах южной залежи. Они представлены огромными глыбами и плитами. В верхних частях эти плиты представляют собой типичные сливные серые кварциты, состоящие из среднезернистого песка и кварцево-халцедонового цемента. По направлению к подошве слоя среди этих кварцитов появляется галька, которая в самых нижних слоях все более увеличивается по количеству и размерам, образуя типичные конгломераты. Розовые кварциты встречены лишь в одном месте, в 400 м к востоку от южной залежи, на правом склоне верховья оврага, который отделяет южную залежь Ново-Киевского месторождения от Промежуточного месторождения (см. фиг. 1). Здесь они залегают в виде отдельных тонких плит (до 0.8 м), глыб и обломков на глауконитовых песках. Эти кварциты представляют собой очень плотную сливную породу розоватого цвета, пронизанную многочисленными ходами корней растений, которые придают породе дырчатый характер.

Под микроскопом видны мельчайшие зерна кварца и цемент, состоящий также из кварца, халцедона и гидроокислов железа; последним порода обязана своим розоватым оттенком.

Четвертичные отложения в пределах месторождения развиты сравнительно слабо. Они залегают в долинах р. Салырки и оврагов Медный Лог и Кондузак. В долине р. Салырки они представлены аллювиальными отложениями — суглинками, песками и галечниками, которые образуют пойменную и первую (более высокую) террасы. В долинах указанных оврагов четвертичные отложения имеют делювиальный характер. Они сложены суглинками и щебнем серпентинитов и юрских и меловых осадочных пород. Мощность аллювиальных и делювиальных образований невелика и в редких случаях достигает 5 м.

### Тектоника

Тектонические явления в Халиловском районе, как и на всем Южном Урале, очень интенсивно проявлялись во время герцинской складчатости, когда породы палеозойского комплекса были смяты в складки, главным образом северо-восточного простирания.

Следы этой палеозойской тектонической деятельности мы можем наблюдать и в пределах Ново-Киевского месторождения. Так, в 2 км на запад от пос. Ново-Киевского, на левом берегу р. Салырки, метаморфические сланцы, сильно смятые и пloyчатые, представляют собой в структурном отношении крыло размытой антиклинальной складки. Они имеют северо-восточное простирание и крутое юго-восточное падение под углом 60—65°. Кроме того, среди серпентинитов наблюдаются рассланцованные и смятые зоны, и к этим зонам, по мнению некоторых исследователей, приурочены интрузии диабазов, порфиритов, габбро и других основных пород, которые прорывают толщу серпентинитов. Как зоны смятия, так и интрузивные тела (например, показанная на геологической карте фиг. 1 мощная габбровая дайка) имеют преимущественно северо-восточное простирание.

Серпентиниты и другие основные породы, кроме смятия их в складки, т. е. кроме тангенциальных перемещений, испытывали также и вертикальные подвижки, в результате которых образовались горсты и грабены. Примером такого грабенообразного опускания этих пород может служить большая зона погружения, которую А. Л. Яншин (1934) вслед за Либровичем назвал Таналык-Баймакской депрессией. Эта депрессия, усложненная вторичными, более мелкими сбросами, была впоследствии заполнена юрскими и меловыми осадками, и по ее западному побережью располагается большинство Халиловских железорудных месторождений, в том числе и Ново-Киевское. Кроме того, в серпентинитах и других палеозойских породах в результате тектонических нарушений образова-

лись многочисленные трещины кливажа, сопровождаемые часто хорошо выраженными зеркалами скольжения.

В юрское и меловое время в районе не происходило складкообразовательных процессов, и юрские породы залегают на размытой поверхности серпентинитов почти горизонтально. Указанные выше небольшие мульдобразные погружения юрских песчано-глинистых пластов на северной железорудной залежи объясняются, повидимому, или заполнением осадками небольшой котловины или позднейшим местным опусканием рудных и надрудных пластов в карстовые углубления, которые образовались в карбонатизированной зоне серпентинитов. Меловые осадочные образования залегают на юрских породах без углового несогласия, и лишь в некоторых местах между ними наблюдается эрозивное несогласие. Но в юрское и меловое время район все же не остается неподвижным: он испытывает дальнейшее, хотя и более спокойное погружение эпейрогенического характера, во время которого идет непрерывное накопление континентальных и морских осадков, которые заполнили Баймакскую депрессионную зону.

Во вторую половину третичной эпохи, т. е. в период проявления наиболее интенсивных фаз альпийского орогенеза, в районе снова проявляется тектоническая деятельность, в результате которой образуется целый ряд дизъюнктивных нарушений. К таким нарушениям относятся почти параллельные две линии сбросов, установленные Г. И. Кириченко (1935). Эти линии располагаются в 2,5 и 4 км на восток от пос. Ново-Киевского, уже за пределами описываемого нами планшета.

Следы этих тектонических нарушений мы можем наблюдать и в пределах площадей железорудных залежей. Так, например, у северной окраины южной залежи, на левом берегу оврага Медный Лог в стенах углубления, вырытого для овощехранилища, юрские песчано-слюдистые рассланцованные глины с прослоями сравнительно крепких ожелезненных песчаников смяты в двухступенчатую флексуру, которая имеет северо-западное простирание по азимуту  $350^\circ$  и северо-восточное падение под углом  $28-37^\circ$ . Далее к северу и югу от этой флексуры среди юрских и меловых отложений тектонических нарушений пока не обнаружено, но, как уже указывалось выше, в юго-восточном углу южной залежи, близ ее условной восточной границы, в обрывистом борту оврага среди серпентинитов наблюдается зона смятия, причем участки, лежащие к востоку от этой зоны, оказываются несколько опущенными. Эта зона, повидимому, является продолжением того разлома, который зафиксирован в юрских породах у северной окраины южной залежи. Характерно, что эта интерполированная линия разлома совпадает с условно проведенной границей южной и северной рудных залежей.

Нам кажется, что такое совпадение не является случайным и что сам этот разлом и обусловил эту границу. Надо полагать, что по линии разлома произошел сброс расположенного к востоку от него участка серпентинитов, в связи с чем опустилась та часть рудной толщи, которая залежала на них. Это предположение подкрепляется тем обстоятельством, что горные выработки, заданные к западу от этой линии разлома, вскрывают рудное тело и кровлю серпентинитов на глубине 25—27 м, а те горные выработки, которые расположены к востоку от линии разлома, не обнаруживают ни рудной толщи, ни серпентинитов даже на глубине 45—50 м.

Эти тектонические явления, происходившие по мнению Г. И. Кириченко в послезоценовое время и обусловившие линии разлома в мезозойских отложениях, не могли не сказаться и на самой железорудной толще. Здесь они, повидимому, вызвали образование целого ряда трещин кливажа, которые разбивают рудные пласты на глыбы неправильной формы и параллелепеды.

## Форма и условия залегания рудных тел

Ново-Киевское железорудное месторождение состоит из двух разоб-щенных между собой залежей — северной и южной. Северная залежь располагается в непосредственной близости от пос. Ново-Киевского, южная часть которого находится в пределах контура рудной площади. Южная залежь расположена на водоразделе оврагов Медный Лог и Кондузак, к югу и юго-западу от рабочего поселка Халилруды. По размерам эта залежь значительно больше северной.

По форме обе залежи представляют собой пластообразные тела с неровной волнистой поверхностью кровли и подошвы. Волнистый характер кровли рудной толщи хорошо наблюдается на северной залежи в тех местах, где бывает снята надрудная песчано-глинистая юрская толща.

В соответствии с характером поверхности серпентинитов, рудные залежи не вполне горизонтальны и падают к востоку под углом в  $5^\circ$ .

Кроме того, рудная толща на северной залежи имеет падение к северу, а на южной залежи — к югу.

В плане рудное тело представляет собой две почти изометричные, сильно сближенные неровные площади. Северная залежь имеет довольно неправильные очертания (см. фиг. 1); площадь ее равна  $0.75 \text{ км}^2$ . Южная залежь в плане также имеет неправильную форму и извилистые границы, обусловленные главным образом эрозийным размывом. Площадь ее значительно больше, чем северной залежи, и приблизительно равна  $2.75 \text{ км}^2$ .

Мощность рудного тела на обеих залежах в среднем  $2.5—3 \text{ м}$ .

В пределах северной залежи колебания мощности рудного тела достигают наибольших пределов. Так, например, в некоторых стенках карьера в углублениях карбонатизированных серпентинитов мощность рудной толщи достигает  $6—7 \text{ м}$ , но в расстоянии  $3—5 \text{ м}$  от этих углублений измеряется всего лишь  $2—3 \text{ м}$ .

Такую же картину мы наблюдаем и в юго-восточной части северной залежи. Здесь на большой площади на дневную поверхность выходят охристые руды, которые подстилаются серпентинитами. В углублениях этих серпентинитов руда достигает мощности  $8—10 \text{ м}$  (дудки 6, 10, линии 1—2 четная), а на выступах серпентинитов мощность руды равна  $2—4 \text{ м}$ .

Более детально о колебаниях мощности рудного тела и отдельных типов руд судить можно на основе просмотра широтных и меридиональных разрезов через северную и южную залежи.

Южная залежь разведана слабо, а потому для более подробного суждения о колебаниях в мощности рудного тела у нас мало данных. Но по имеющимся дудкам и карьере № 2 видно, что мощность руды колеблется от  $2$  до  $5 \text{ м}$ . Здесь, как и по северной залежи, наибольшая мощность руд приурочена к углублениям, образованным в серпентинитах, наименьшая мощность руд — к выступам серпентинитов.

Подводя итоги вышеизложенному, кратко о форме и размерах рудных тел можно сказать следующее.

1. Рудное тело представляет собой пластообразную залежь, которая разделена на две неравных части: на северную и южную залежь.

2. Обе залежи имеют падение к востоку (под углом  $5^\circ$ ). Кроме того, северная залежь падает к северу, а южная — к югу. Таким образом северная залежь имеет северо-восточное падение, а южная залежь падает на юго-восток.

3. Мощность рудной толщи колеблется от  $2$  до  $10 \text{ м}$ , средняя мощность равна  $2.5—3 \text{ м}$ .

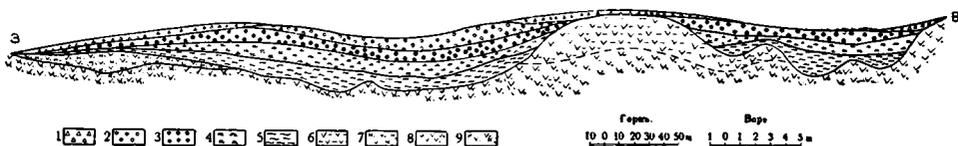
4. В плане контуры рудных залежей имеют неправильные очертания.

5. Северная, западная и южная границы залежей точно установлены, тогда как восточная их граница является пока условной.

Переходя к вопросу об условиях залегания рудного тела, следует прежде всего указать, что залежи (северная и южная) представляли когда-то одно сплошное рудное тело, которое впоследствии было разделено углубляющимся оврагом Медный Лог на две неравные части. Поскольку эти залежи являются частями одной общей, когда-то сплошной рудной толщи, образовавшейся в одном водном бассейне, постольку, естественно, и условия их залегания являются почти аналогичными.

Северная железорудная залежь залегает на размытой поверхности серпентинитов и покрывается юрскими и отчасти меловыми рыхлыми осадочными образованиями.

Взаимоотношения рудной толщи с подстилающими породами довольно разнообразны. Поверхность серпентинитов, на которых лежат рудные пласты, имеет бугристый характер и общий слабый наклон к востоку под углом  $5^\circ$ , в соответствии с чем и рудная толща наклонена на восток под таким же углом. Серпентиниты образуют неправильные выступы, гряды, холмы и неправильные рвы и воронкообразные углубления, которые выполнены слоистыми или бобовыми рудами. Процессы эрозии до отложения рудной толщи обнажили различные горизонты древней коры выветривания серпентинитов, а в некоторых местах нацело ее смыли и вывели на дневную поверхность почти свежие серпентиниты. Поэтому и рудная толща залегает на этих различных горизонтах коры выветривания.



Фиг. 8. Разрез по южному борту карьера Ново-Киевского рудника. Северная залежь на 5.IX 1938 г.

1—рудный делювий; 2—руда глиноземистая; 3—руда бобовая; 4—руда грубослоистая; 5—руда тонкослоистая; 6—руда охристая (охр. зона серпентинитов); 7—нонтронитовая зона серпентинитов; 8—серпентиниты окварцованные, плотные; 9—серпентиниты карбонатизированные, выщелоченные.

Смена этих горизонтов под рудной толщей хорошо видна на широтном разрезе фиг. 8 через южный борт работающего в настоящее время карьера. Здесь у западного конца карьера руда залегает на нонтронитовой зоне серпентинитов, затем она подстилается карбонатизированными серпентинитами, которые иногда силицифицированы и в этих местах образуют холмы и выступы. Далее, по направлению к востоку, руда лежит на плотных силицифицированных серпентинитах, которые сменяются рыхлой охристой зоной. Эта зона, представляющая собой железную руду, образует большой выступ, на котором уже отсутствуют осадочные слоистые и бобовые руды. Затем, уже ближе к восточному концу карьера, охристая зона уменьшается в мощности, покрывается осадочными рудами и, наконец, снова сменяется плотными силицифицированными серпентинитами, среди которых встречаются иногда карбонатизированные участки, на которых образуются карстовые пещеры и воронкообразные углубления.

На другом широтном разрезе, проходящем через всю северную залежь по линии 0, в западной части рудное тело лежит вначале на окремнелых крепких серпентинитах, далее между дудками 2 и 4 — на нонтронитизированных серпентинитах, а еще далее к востоку руда подстилается снова окремнелыми серпентинитами, но со значительно меньшей степенью окремнения и частично карбонатизированными.

На меридиональном разрезе, по линии II мы наблюдаем такую же картину. Здесь у южного конца разреза, в дудке 6 вскрыты нонтронитизированные серпентиниты, далее к северу идут слабо нонтронитизированные и карбонатизированные серпентиниты, которые между дудками I и 7 сменяются окремнелыми и в верхних частях обохренными серпентинитами.

Граница рудного тела с подстилающими породами имеет различный характер и зависит от того, на каких серпентинитах лежит рудная толща и каким слоем она с ним соприкасается. Резкая граница между рудной толщей и подстилающими породами наблюдается тогда, когда руда лежит: 1) на плотных серых окварцованных серпентинитах, 2) на плотных карбонатизированных беловато-серых серпентинитах и 3) на зеленых не обохренных рыхлых серпентинитах. Кроме того граница между рудой и серпентинитами отчетливо видна и в том случае, когда бугристая поверхность серпентинитов облекается тонким слоем так называемых корковых руд, которые залегают в подошве тонкослоистых руд. Этот слой корковой руды мощностью в 5, максимум в 10—15 см, повторяет очертания выходов серпентинитов, образуя как бы мелкие складки.

Наиболее сложный вид контакта наблюдается там, где рудное тело соприкасается своими нижними горизонтами — тонкослоистыми, а иногда грубослоистыми рудами — с охристой зоной коры выветривания серпентинитов или с обохренными рыхлыми нонтронитами. В этом случае макроскопически трудно иногда бывает установить границу между рудами осадочными и подстилающими их охрами и нонтронитами, так как и те и другие очень сходны по цвету. В таких случаях граница может быть установлена только более детальным осмотром. Отличительными признаками здесь могут быть следующие: 1) тонкослоистые руды обладают хорошо выраженным слоистым сложением и сравнительно большей плотностью, охристая зона и обохренные нонтрониты не слоисты и часто довольно рыхлые; 2) в охристой зоне часто встречаются кварцевые прожилки или их сетчатые скопления, которые образуют устойчивый остов в ней; в слоистых же рудах такие прожилки совершенно отсутствуют и 3) в более сложных случаях, чтобы отличить охристо-нонтронитовую зону от слоистых руд, приходится прибегать к сравнению их химических анализов: в слоистых рудах всегда содержится более или менее постоянное количество окиси железа, кремнезема и глинозема; в охристо-нонтронитовой зоне окись железа подвергается большим колебаниям, кремнезема обычно много, и его содержание также варьирует в широких пределах, глинозема очень мало (табл. 1).

Таблица 1  
Сравнительная химическая характеристика охристой нонтронитовой зоны и тонкослоистых руд (в %)

Компоненты	Охристая нонтронитовая зона		Тонкослоистая руда	
	от	до	от	до
SiO <sub>2</sub> . . . .	20	52	8	16
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . .	1,5	4	7,5	13
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . .	20	30	52	64

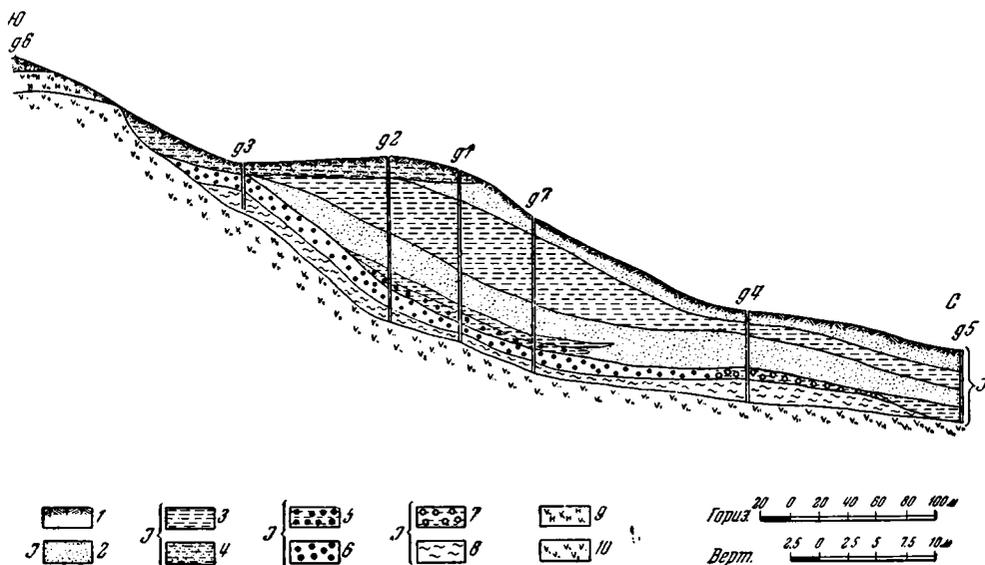
Все приведенные выше признаки дают возможность установить с достаточной точностью границу и отделить осадочные слоистые руды от охристо-нонтронитовой зоны серпентинитов. Такое расчленение необ-

ходимо при детальных разведках, потому что слоистые руды представляют собой совершенно другой сорт руды, чем руда охристо-нонтронитовой зоны.

Следует еще отметить, что в случае залегания бобовых руд на различных зонах коры выветривания серпентинитов, граница между ними макроскопически хорошо устанавливается по различию в структуре и окраске этих пород.

В заключение описания соотношений рудной толщи с подстилающими породами необходимо коснуться рельефа поверхности серпентинитов в пределах рудной площади.

При рассмотрении широтного разреза по линии 0 мы видели, что поверхность серпентинитов довольно плавно понижается к востоку. По меридиональному разрезу (линия II, фиг. 9) можно установить, что рельеф серпентинитов сильно понижается с юга на север, но что ближе к северной границе рудного тела серпентиниты снова несколько подни-



Фиг. 9. Разрез по линии II (смещенный по линии 0. Меридиональный). Северная залежь

1—почвенный слой; 2—песок; 3—глина; 4—глина песчанистая; 5—глина с редкими бобами; 6—руда бобовая; 7—конгломерат; 8—руда тонкослойная; 9—нонтронитизированная зона коры выветривания; 10—окремненный и ожелезненный серпентинит.

маются, затем, уже у самой границы, выходят на дневную поверхность и образуют здесь высокий холм.

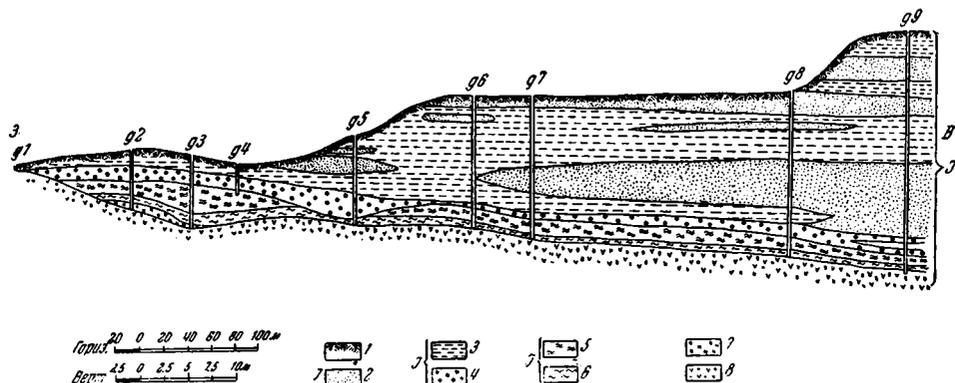
Таким образом почва рудного тела северной залежи представляет собой плавное корытообразное углубление, вытянутое в меридиональном направлении, с наиболее пологой стороной, обращенной к востоку — в сторону Баймакской депрессии.

Соотношения рудной толщи с покрывающими породами отличаются меньшей сложностью, нежели соотношения с подстилающими породами. Рудное тело прикрывается юрскими, меловыми, а иногда только четвертичными отложениями. В настоящее время большая площадь рудной толщи выходит на дневную поверхность (см. карту, фиг. 1), вследствие того что надрудная толща или снята при вскрыше (на карте вскрыша показана на 5.IX.1938 г.), или была смыта эрозионными процессами, и руда лишь прикрывается почвенно-растительным слоем.

До вскрыши надрудная толща характеризовалась неодинаковой мощностью в различных участках рудной площади. Изменение мощно-

сти надрудной толщи хорошо можно наблюдать на широтном разрезе по линии 0 и на смещенном меридиональном разрезе по линии II (фиг. 9 и 10).

На разрезе по линии 0 мощность покрывающих пород у западной границы равна 0.5 м, до дудки 4, т. е. на протяжении 200 м, мощность вскрыши 2—3 м, а далее к востоку, через 100 м мощность покрывающих пород возрастает до 6—7 м и в то же время поднимается поверхность рельефа; в дудке № 9, т. е. у самой восточной границы рудного тела, мощность вскрыши равна 23 м. На меридиональном разрезе по линии II видно, что у южной границы рудной залежи мощность покрывающих пород составляет 1—1.5 м (дудка 3); далее к северу, при равной поверхности, на расстоянии 100 м мощность вскрыши достигает 11—12 м, еще дальше в этом же направлении (ближе к р. Салырке) поверхность серпентинитов понижается, в то же время уменьшается и мощность покрывающих пород.



Фиг. 10. Разрез по линии 0. Северная залежь

1—почвенный слой; 2—пески; 3—глины; 4—бобовая руда; 5—грубослоистая руда; 6—тонкослоистая руда; 7—нонтронитовая зона серпентинита; 8—окремненный и оже-лезненный серпентинит.

Граница рудной толщи с покрывающими породами на всей рудной залежи не резкая. Глиноземистая конгломератовидная и бобовая руды переходят постепенно в покрывающую юрскую глинисто-песчаную толщу. На рудах обычно залегает слой юрских глин, имеющих черный, темносерый, красноватый и зеленоватый цвет. В нижних частях этого слоя всегда содержатся гидротетитовые бобы, которые по направлению книзу увеличиваются в числе, и постепенно эти глины переходят или в глиноземистые или в бобовые руды. Кроме того, в верхних частях слоя бобовых руд часто содержатся тонкие (от 3 до 8 см) прослойки черных или темносерых углистых глин.

Все это свидетельствует о том, что во время отложения рудной толщи и песчано-глинистых пород не было перерыва. Но после отложения юрской континентальной толщи она подвергалась неоднократному разрыву, и в некоторых местах не только была смята надрудная толща, но были также эродированы и глинистые конгломератовидные и бобовые руды, а в периферических частях рудной залежи, повидимому, подвергались размыву даже и слоистые руды. Поэтому часто рудная толща (особенно в западной половине залежи) бывает прикрыта слоем рудного делювия (мощностью от 0.5 до 1 м), состоящего из плохо окатанных обломков глиноземистых бобовых и слоистых руд и силифицированных серпентинитов. Время размыва можно отнести к послесреднеюрскому и домеловому времени. В таких случаях надрудная толща представлена четвертичными коричневыми или серыми суглинками, и граница между ними и рудным делювием не резкая.

Характер выклинивания рудной толщи в различных направлениях различен. В западном и южном направлениях выклинивание весьма несложное: рудное тело уменьшается в мощности и постепенно сходит на-нет, а поверхность серпентинитов поднимается, и затем они из-под рудной толщи выходят на дневную поверхность. Правда, близ западной границы в слое бобовых руд появляются прослойки с большим количеством кварцевых и других галек, но общего характера выклинивания это не меняет. Выклинивание в северном направлении детально проследить не удалось. Однако с наибольшей вероятностью можно допустить, что здесь рудное тело фациально замещается песчано-глинистыми породами и подстилается ожелезненными конгломератами. Сама же зона этого замещения размыта р. Салыжкой. Это допущение основано на следующих фактах. В середине пос. Ново-Киевского у границы рудного тела часто появляется в рудах галька и рудное тело покрыто тонким слоем коричневого суглинка; затем на дневную поверхность выходят серпентиниты. Далее, уже на правом берегу Салыжки, у самого моста на этих серпентинитах лежат слабо ожелезненные и сцементированные галечники и конгломераты. Кроме того, в дудке 4 линии II мощность рудного тела убывает до 2.5 м, и горизонт бобовых руд здесь отсутствует, а вместо него появляется кварцево-железистый конгломерат. Затем в 150 м к северу, в дудке 5, рудное тело уже не было встречено, хотя она дошла до того горизонта, на котором в дудке 4 залегает руда.

В восточном направлении характер выклинивания другой. Здесь в дудке 9 линии 0 рудное тело залегает на глубине 22.6 м, мощность его всего 2.5 м, и бобовая руда имеет песчаный характер и переслаивается с желтовато-бурой слюдистой глиной, которая по своему макроскопическому облику и по минералогическому составу вполне совпадает с глинами из юрской толщи. Под бобовыми рудами залегает массивная кусковая гидрогетитовая руда (0.9 м), которая подстилается тонко-слоистыми рудами (0.2 м). В почве дудки выходят серпентиниты.

Далее к востоку, в 50 м от дудки 9, имеется скважина 10 старой разведки. Она пройдена на глубину 30 м, но рудного тела не встретила и не дошла до серпентинитов. Здесь, повидимому, кроме фациального перехода рудной толщи в юрские песчано-глинистые породы, имеется опускание рудной толщи по линии сброса, о котором говорилось выше.

Южная залежь, так же как и северная, лежит на размытой бугристой поверхности серпентинитов и отчасти на юрских кварцево-железистых конгломератах и глинах и покрывается юрскими и меловыми осадочными образованиями. Серпентиниты имеют слабый наклон к востоку (под углом в 5°), согласно с ними наклонена и рудная толща.

Вблизи от западной и, частично, северной границы осадочные руды подстилаются в большинстве случаев окремнелыми и обохренными серпентинитами, которые сами часто могут быть использованы как железная руда. Затем, по направлению к востоку и югу по всей рудной площади руда подстилается то карбонатизированными, то нонtronитизированными, то окремнелыми или охристыми серпентинитами. Близ восточной границы руда залегает уже на юрских кварцево-железистых конгломератах и глинах.

На широтном разрезе по линии 5 (фиг. 11), у западной границы рудной залежи, в дудке 10 рудная толща подстилается окремнелыми серпентинитами, которые местами сильно ожелезнены и превращены в охру. В дудке 9 почвой служат рыхлые нонtronиты, в дудке 8 снова появляются окремнелые серпентиниты, в дудке 7 — рыхлые нонtronиты, а затем в остальной части разреза, до дудки 1 руда подстилается окремнелыми серпентинитами, которые в некоторых местах карбонатизированы. В дудке 1 картина резко меняется: рудное тело залегает на конгломерате, состоящем преимущественно из гальки кварца с примесью плоской гальки филлитовых и слюдистых сланцев, цементиро-

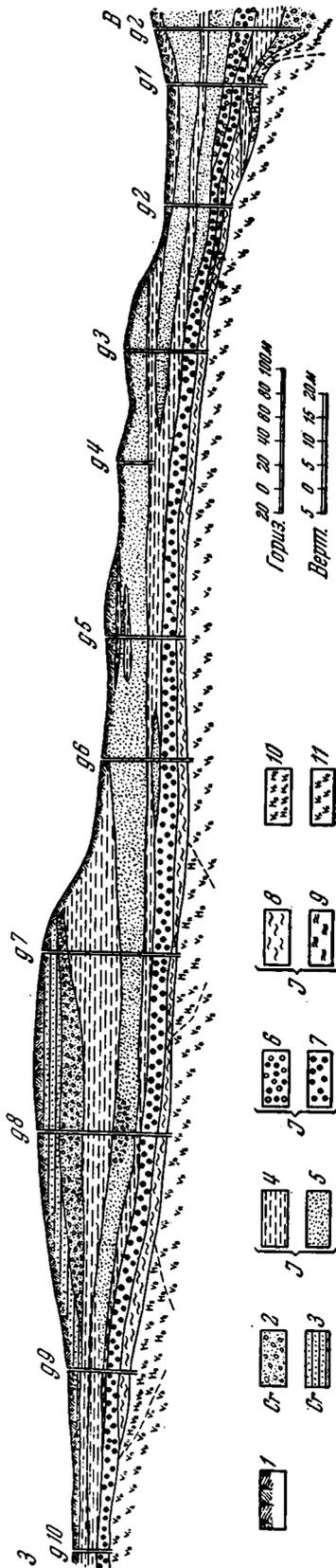
ванных железисто-песчаным цементом. Под слоем конгломерата залегает нонtronитизированный серпентинит, а ниже — окремненный. В 50 м к востоку от дудки 1 дудка 2 разведки прошлых лет пройдена до глубины 32 м, добыта до серпентинитов, но рудного тела не обнаружено.

На широтном разрезе по линии 6—7 (фиг. 12) руда, разубоженная кварцевой галькой, встречается только в дудке 1. Мощность рудного пласта около 1 м, и он разделяется прослойками слабо оруденелой глины и подстилается глиной, содержащей гидрогетитовые бобы и белые гальки каолина. Затем идет 3-метровый слой глин и ожелезненных песков, в самом основании которых залегает галечник кварца с отдельными валунами, погруженными в охристую массу. Галечники лежат на нонtronитизированных рыхлых серпентинитах, а ниже идут окремненные серпентиниты.

В меридиональном направлении идет аналогичная смена различных зон коры выветривания серпентинитов, которые подстилают рудную залежь.

Переходы от рудного тела к подстилающим породам такие же, как и на северной залежи.

На рудная толща на южной залежи также представлена юрскими и меловыми рыхлыми осадочными породами — песками, суглинками, глинами, галечниками и мергелями. Эти породы на периферических частях рудной площади (у северной, западной и южной границ) имеют ничтожную мощность или совсем отсутствуют и по направлению к возвышенности, которая тянется грядой северо-восточного направления от дудки 11 линии 5 до дудки 8 линии 3—4 четная, мощность их постепенно увеличивается и в дудках 8 и 9 линии 5 достигает 26—27 м. Кроме того, по направлению с запада на восток мощность покрывающих пород возрастает от 0.5—1.5 до 15—20 м. Распределение мощностей покрывающих пород хорошо видно на прилагаемых широтном и меридиональном разрезах по линиям 5 и 1 (фиг. 11 и 13).



Фиг. 11. Разрез по линии 5. Южная залежь

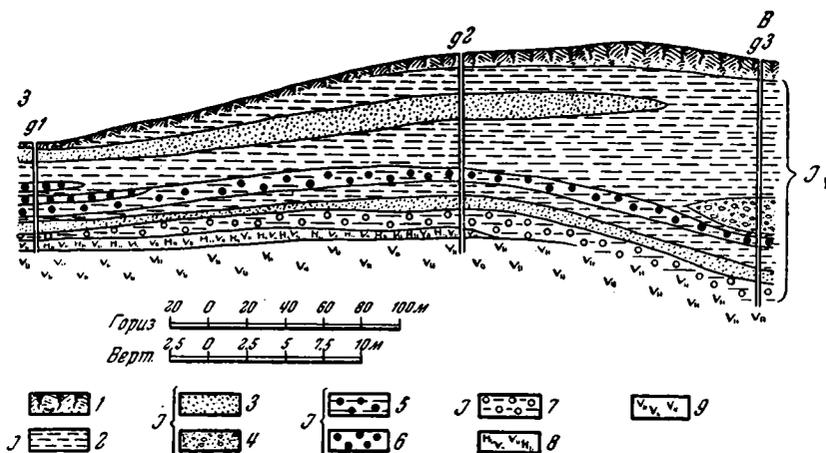
1—почвенный слой; 2—галечник; 3—глина; 4—глина; 5—песок; 6—конгломерат кварцево-железистый; 7—руда бобовая; 8—руда тонкослоистая; 9—руда грубослоистая; 10—серпентинит нонtronитизированный; 11—серпентинит окварцованный и ожелезненный.

Взаимоотношения покрывающих пород с рудной толщей такие же, как и на северной залежи, и потому описание их мы опускаем.

Характер выклинивания рудной толщи по направлению к северу, западу и югу довольно однообразный. Рудная толща постепенно уменьшается в мощности, а затем совсем выклинивается, и из-под юрской крошащей толщи на дневную поверхность выходят охристые руды (охристая зона коры выветривания серпентинитов). Кроме того, у южной границы среди бобовых руд появляется большое количество кварцевой гальки, и далее к югу серпентиниты выходят на дневную поверхность и образуют гряду, которая является естественной границей между южной залежью Ново-Киевского месторождения и Промежуточным месторождением.

В восточном направлении характер выклинивания рудной толщи довольно сложный. Здесь в некоторых дудках, как было указано, наблюдается фаціальное замещение руд юрскими песчано-глинистыми породами.

Но, с другой стороны, на отдельных участках восточной границы рудная толща иногда внезапно обрывается. В этих случаях она, повидимому, сброшена по тектонической линии, о которой сказано выше.



Фиг. 12. Разрез по линии 6—7. Южная залежь

- 1—почвенный слой; 2—глина; 3—песок; 4—галечник; 5—глина бобовая;  
6—руда бобовая; 7—конгломерат; 8—серпентинит нонтронитизированный;  
9—серпентинит окварцованный и ожелезненный.

В заключение этого раздела необходимо сказать несколько слов о характере бассейна, в котором отлагались руды.

Характер выклинивания рудной толщи и присутствие крупнообломочного кластического материала (галек кварца, песка и пр.) в некоторых периферических частях рудных залежей, а также наличие фаціального перехода рудной толщи в песчанисто-глинистую толщу юры у восточной границы рудного тела приводят нас к тому, что осадочная рудная толща Ново-Киевского месторождения отлагалась в мелководном прибрежном бассейне, который был несколько вытянут в меридиональном направлении и имел длину около 4—4,5 км и ширину около 2,5 км. Северный, западный и южный берега этого бассейна слагали серпентиниты. Вдоль этих берегов железные руды обогащены кварцевой галькой и песком. Вдали же от этих берегов, на площади всего дна бассейна, располагаются железные руды, которые не содержат крупнокластического материала (песка и галек).

По направлению на восток руда часто переслаивается с глинами

и суглинками юры, и рудная толща подстилается галечниками и конгломератами, которые прослеживаются буровыми скважинами далеко на север.

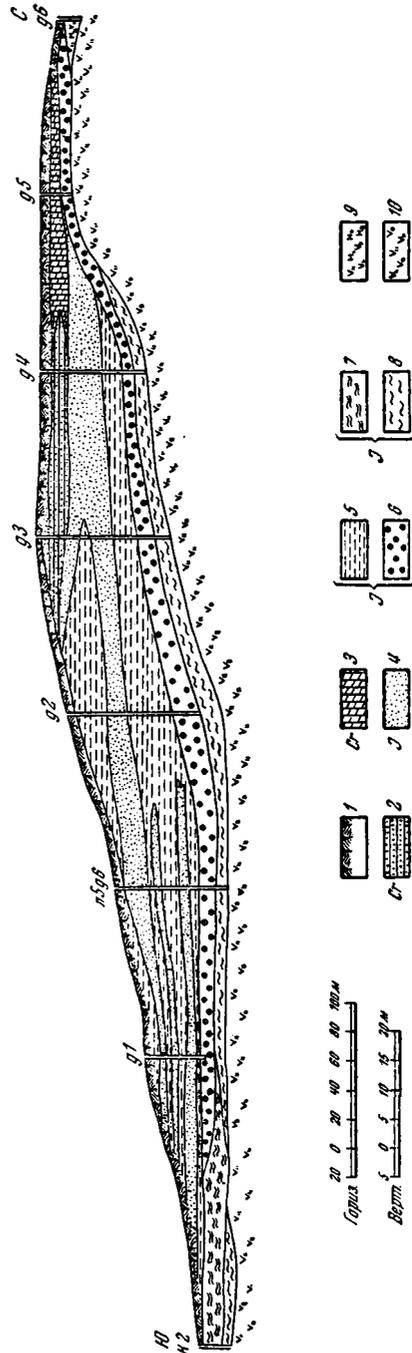
По характеру имеющегося в этом бассейне материала и по его конфигурации он, повидимому, представлял собой залив или лагуну. На восток, в сторону Баймакской депрессии этот бассейн был открыт (о чем свидетельствует фациальный переход руд в глины и пески) и сливался с более крупным бассейном, размеры и очертания которого нам неизвестны.

### Строение рудной толщи

Строение рудной толщи на северной и южной залежах, как и на всех Халиловских месторождениях, довольно однообразно. Как уже было указано, рудное тело сложено рудами различных типов, которые располагаются в строго определенном порядке. При наиболее типичном и наиболее полном строении рудной толщи в ее состав входят следующие руды (сверху вниз):

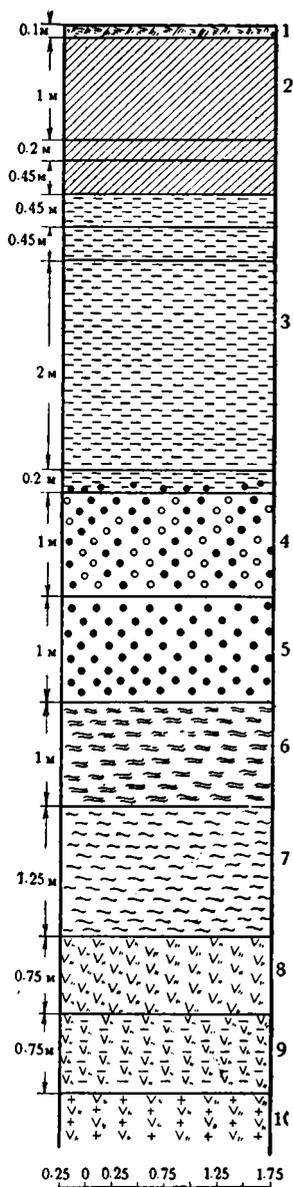
- 1) глинистые конгломератовидные бобовые гидрогетит-хлоритовые руды;
- 2) бобовые гидрогетит-хлоритовые руды;
- 3) грубослоистые гидрогетит-хлоритовые руды;
- 4) тонкослоистые гидрогетит-хлоритовые руды;
- 5) корковые гидрогетит-хлоритовые руды;
- 6) охристые гидрогетитовые руды.

На прилагаемой колонке (фиг. 14), составленной для южного борта рудничного карьера (северная залежь), показано строение рудной толщи и мощности различных руд. В этой колонке отсутствует лишь небольшой слой корковой руды, который обычно располагается в основании тонкослоистых руд, когда последние залегают на плотных карбонатизированных серпентинитах. На этой же колонке показаны также различные зоны коры выветривания серпентинитов и надрудная песчано-глинистая толща. Но такой полный разрез рудной толщи выдерживается не везде, и мы иногда

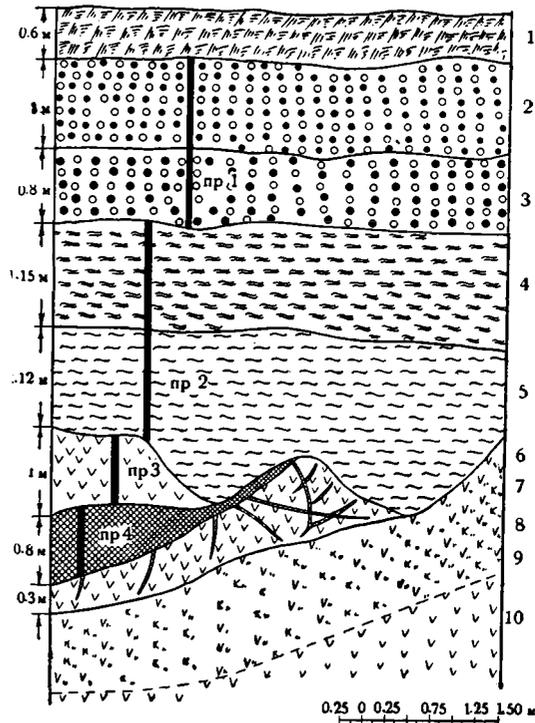


Фиг. 13. Разрез по линии 1 (меридиональный). Южная залежь  
 1—почвенный слой; 2—глина; 3—мергели; 4—песок; 5—глина; 6—руда бобовая; 7—руда грубослоистая; 8—руда тонкослоистая;  
 9—нонтроитизированная зона коры выветривания серпентинита; 10—окремленный серпентинит.

можем наблюдать отклонения от него. Так, например, на разрезе в восточной части карьера № 1 (фиг. 15) под почвенным слоем залегают очень рыхлые, даже сыпучие бобовые руды с пошкловатым темнокоричневым цементом. Гидрогетитовые бобы в этом



Фиг. 15. Вертикальный разрез рудной толщи. Северная залежь. Восточная часть карьера № 1.



Фиг. 14. Колонка покрывающих пород и рудной толщи. Северная залежь.

Фиг. 14. Колонка покрывающих пород и рудной толщи. Северная залежь

1—почвенный слой; 2—суглинок сиреневого цвета, желтый; 3—глина розоватая слегка рассланцованная, глина песчанистая слегка рассланцованная, глина песчанистая серо-бурая, желтовато-зеленоватая, глина рассланцованная розоватая, зеленоватая, беловатая, глина зеленовато-серая; 4—руда глиноземистая бобовая, конгломератовая; 5—руда бобово-оолитовая; 6—руда грубослоистая; 7—руда тонкослоистая; 8—руда охристая, оже-

лезненная, рыхлая кора выветривания серпентинитов; 9—серпентинит нонтронитизированный, рыхлый; 10—серпентинит карбонатизированный, плотный.

Под этими рудами залегает слой довольно рыхлой бобовой руды (мощностью в 0.8 м), которая содержит глинистые каолиновые гальки и покрыта белыми налетами каолинита.

Нормальные гидрогетит-хлоритовые плотные руды в этом разрезе отсутствуют.

Ниже идут грубослоистые руды, покрытые по трещинам черными налетами вада и асболана. Под грубослоистыми рудами залегают тонкослоистые руды (мощностью до 2 м), которые подстилаются то охристыми рудами, то окремнелыми, то карбонатизированными серпентинитами.

Другая зарисовка, сделанная для средней части карьера № 1 (фиг. 16), показывает, что под юрскими глинами лежит тот же слой рыхлой бобовой руды, а под ним находится бобовая глинистая руда с белыми гальками каолинового состава мощностью в 0.55 м. Среди этой руды заключен тонкий прослой (в 5 см) черной углистой глины. Затем идет плотная руда, состоящая из скрытокристаллического гидрогетита, среди которого видны иногда сильно уплотненные бобы. Эта руда представляет собой обычную бобовую руду, хлоритовый цемент которой впоследствии был замещен нацело гидрогетитом. Она залегает среди слоя нормальных бобовых руд. Под ней и над ней располагаются обычные бобовые руды, а затем идут грубослоистые, тонкослоистые и охристые руды.

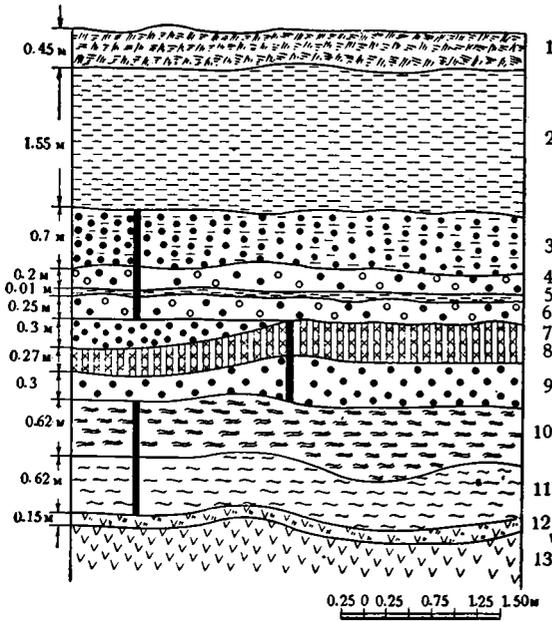
Приведенные два разреза через рудную толщу северной залежи характеризуют отклонение от нормального разреза только в пределах слоя бобовых руд. Но часто бывают отклонения и другого характера. Нередко в разрезе отсутствуют тонкослоистые руды, и тогда грубослоистая руда лежит непосредственно на серпентинитах. Иногда из разреза выпадают грубослоистые руды и бобовые руды залегают на тонкослоистых. В некоторых разрезах рудной толщи отсутствуют и грубо- и тонкослоистые руды, а в других местах отсутствуют и глиноземистые и бобовые руды, сохраняются лишь слоистые руды.

Так, например, в карьере № 2 южной залежи (фиг. 17) в разрезе совершенно отсутствуют бобовые руды. Здесь они, повидимому, были смыты вместе с надрудной толщей, и на дневную поверхность выступает рудный элювиально-делювиальный слой, мощностью до 1.5 м, состоящий из обломков бобовых и слоистых руд. Под ним лежат измененные пористые гидрогетитовые грубослоистые руды, а ниже тонкослоистые руды, которые подстилаются обохренными и карбонатизированными серпентинитами.

Наиболее наглядно строение рудной толщи показано на широтных и меридиональных разрезах. На северной залежи на широтном разрезе по южному борту карьера (фиг. 8) на большом протяжении в строении рудного тела принимают участие все типы руд: глинистые, бобовые, грубослоистые и тонкослоистые. В восточной части разреза сперва все эти руды отсутствуют и на их место выступают охристые руды, которые прикрываются лишь тонким слоем рудного делювия. Далее к востоку разрез слагается нормальными бобовыми рудами, под которыми залегают грубослоистые, а ниже тонкослоистые. У восточного конца рудная толща совсем прерывается выступом плотных карбонатизированных серпентинитов.

На таком же широтном разрезе по линии 0 (фиг. 10), расположенном в 400 м к северу от только что описанного разреза (по карьере № 1), рудное тело представлено почти на всем своем протяжении всеми типами руд, и лишь в дудке 5 отсутствует грубослоистая руда, но зато здесь мощность бобовых руд достигает 5 м. В дудке 6 грубослоистые руды вновь появляются, их мощность здесь около 3 м, бобовые же руды в этой дудке имеют мощность всего лишь в 0.5. Далее к востоку в строении рудной толщи нет никаких изменений, и лишь в самой во-

сточной дудке 9 бобовые руды в верхних частях приобретают более глинистый характер и переслаиваются с юрскими глинами. Здесь рудная толща начинает уже фациально замещаться глинисто-песчанистыми породами.



Фиг. 16. Колонка рудной толщи. Карьер. Северная залежь

1—почвенный слой; 2—глины юрские; 3—руда бобовая рыхлая; 4—руда глиноземистая; 5—глина черная; 6—руда глиноземистая; 7—линза бобовых руд; 8—плита афонитового гидрогетита; 9—руда бобовая; 10—руда грубослоистая; 11—руда тонкослоистая; 12—руда охристая; 13—серпентинит окварцованный и ожелезненный.

В некоторых местах верхние слои бобовых руд переходят в глинистые, кварцево-конгломератовидные бобовые руды. Затем уже в дудке 2 (восточный конец разреза) под бобовыми рудами появляются грубослоистые руды, которые лежат на тонкослоистых. Далее к востоку толща фациально замещается юрскими породами и обрывается, о чем уже писалось подробно в разделе об условиях залегания рудной толщи (сравни также разрез по линии 6—7, фиг. 12).

На меридиональном разрезе по линии 1 (фиг. 13) в южном конце разреза, как выше было указано, в карьере № 2 (фиг. 17) бобовые руды отсутствуют, и рудная толща представлена тонкослоистыми и грубослоистыми рудами. Затем от дудки 1 и почти до дудки 5 рудная толща слагается бобовыми и тонкослоистыми рудами. Глинистые руды лишь изредка появляются над бобовыми рудами, грубослоистые руды встречены лишь в дудке 2. В дудке 5 встречены только бобовые руды, по направлению к дудке 6 они совсем выклиниваются, и в дудке 6 под юрскими галечниками залегают рыхлые нонтронитизированные серпентиниты.

В заключение настоящего раздела необходимо сказать несколько слов о взаимоотношениях между отдельными слоями руд.

Переходы от одного слоя к другому почти всегда постепенные, лишь изредка встречаются более резкие границы между ними. Так, например, бобовые руды всегда постепенно переходят в грубослоистые. В верхних частях этого слоя содержатся бобы и оолиты, по направлению

На меридиональном разрезе по линии II (см. фиг. 9), в южном конце разреза, в дудке 6 выходят нонтронитовые, а затем по направлению к северу, к дудке 3, на дневную поверхность выходят охристые руды, осадочные же руды (бобовые и слоистые) совершенно отсутствуют. В дудке 3 появляются бобовые и тонкослоистые руды. Далее к северу, в дудках 2, 1 и 7 над бобовыми рудами залегают глинистые руды. В дудке 4 вместо бобовых руд появляется слой кварцево-ожелезненного конгломерата, под которым залегают мощный слой тонкослоистых руд. В самой северной дудке 5 руда уже не встречается.

На южной залежи на широтном разрезе по линии 5 (фиг. 11) рудная толща почти от дудки 10 (западный конец разреза) до дудки 3 сложена бобовыми и тонкослоистыми рудами.

На этом интервале в некоторых местах верхние слои бобовых руд переходят в глинистые, кварцево-конгломератовидные бобовые руды. Затем уже в дудке 2 (восточный конец разреза) под бобовыми рудами появляются грубослоистые руды, которые лежат на тонкослоистых. Далее к востоку толща фациально замещается юрскими породами и обрывается, о чем уже писалось подробно в разделе об условиях залегания рудной толщи (сравни также разрез по линии 6—7, фиг. 12).

На меридиональном разрезе по линии 1 (фиг. 13) в южном конце разреза, как выше было указано, в карьере № 2 (фиг. 17) бобовые руды отсутствуют, и рудная толща представлена тонкослоистыми и грубослоистыми рудами. Затем от дудки 1 и почти до дудки 5 рудная толща слагается бобовыми и тонкослоистыми рудами. Глинистые руды лишь изредка появляются над бобовыми рудами, грубослоистые руды встречены лишь в дудке 2. В дудке 5 встречены только бобовые руды, по направлению к дудке 6 они совсем выклиниваются, и в дудке 6 под юрскими галечниками залегают рыхлые нонтронитизированные серпентиниты.

В заключение настоящего раздела необходимо сказать несколько слов о взаимоотношениях между отдельными слоями руд.

Переходы от одного слоя к другому почти всегда постепенные, лишь изредка встречаются более резкие границы между ними. Так, например, бобовые руды всегда постепенно переходят в грубослоистые. В верхних частях этого слоя содержатся бобы и оолиты, по направлению

книзу они встречаются все реже и реже и, наконец, совсем пропадают. Грубослоистые же руды в свою очередь связаны постепенными переходами с подстилающими их тонкослоистыми рудами. В нижних частях слоя грубослоистых руд появляется уже слабо выраженная слоистость, обусловленная чередованием зеленоватых, преимущественно хлоритовых прослоек с желтоватыми или красноватыми прослойками, цвет которых зависит от преобладания гидрогетитовой (для желтоватых прослоек) и гидрогематитовой (для красноватых прослоек) охр в составе этих прослоек. Затем уже книзу появляются типичные тонкослоистые руды. Но нередко встречаются линзы и прослойки бобовых руд в грубослоистых и тонкослоистых рудах.

Характерно, что эти прослойки и линзы бобовых руд чаще встречаются в тонкослоистых рудах, чем в грубослоистых, и приурочены главным образом к нижним частям этих руд, именно к контакту с подстилающими серпентинитами. Прослойки бобовых руд достигают мощности 5—10 см и не выдержаны по простиранию,

а линзы, находящиеся часто в углублениях серпентинитов и покрытые тонкослоистыми рудами, достигают мощности 0.3—0.5 м и длины 1—2 м. Среди этих линз встречаются не только гидрогетитовые и гидрогематитовые бобы, но и гальки кварца и гидрогетита. Нахождение прослоек и линз бобовых руд в нижней части тонкослоистых руд свидетельствует между прочим о том, что и при отложении этих тонкослоистых руд возникали иногда такие фациальные условия (повидимому, не надолго), которые существовали при образовании мощного слоя бобовых руд.

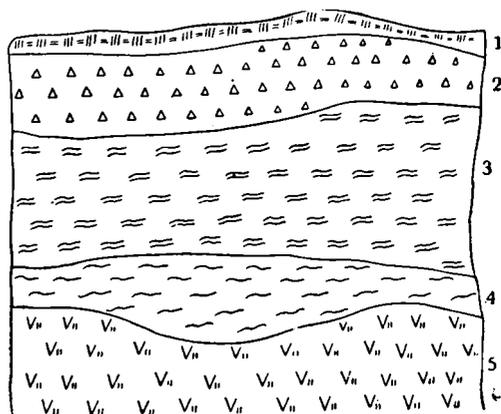
В итоге мы должны отметить, что отклонения от нормального разреза в строении рудного тела не столь уже часты. Но, с другой стороны, залегание глинистых конгломератовидных руд в некоторых местах под слоем обычных бобовых руд свидетельствует о колебаниях береговой линии бассейна, в котором отлагались руды.

### Минералогический состав руд

В состав рудной толщи входят как рудные, так и нерудные минералы. Рудные минералы представлены гидрогетитом, эренвертитом, гидрогематитом, магнетитом, турьитом, хромитом, псиломелан-вадом и железистыми хлоритами. Нерудные минералы представлены гидраргиллитом, кварцем, халцедоном, каолинитом, карбонатами (кальцитом, сидеритом, магнезитом), палыгорскитом, гипсом, глинистым веществом, реже нонтронитом, хризотилом, пироксеном и очень редко серицитом, биотитом, цирконом, турмалином и полевыми шпатами.

Отнесение железистых хлоритов в группу рудных минералов вызвано тем, что эти хлориты имеют в своем составе до 30% металлического железа и, вследствие их большой распространенности в рудной толще, являются одним из основных источников железа в руде.

Из всех упомянутых минералов существенную роль в составе руд-



Фиг. 17. Разрез рудной толщи. Южная залежь, карьер № 2

1—почвенный слой; 2—рудный элювий; 3—руда грубослоистая; 4—руда тонкослоистая; 5—серпентиниты обохренные и карбонатизированные.

ной толщи играют гидрогетит, железистые хлориты и отчасти гидрогематит и кварц, который присутствует в виде галек в большом количестве только в конгломератовидных разновидностях бобово-оолитовых руд. Что же касается других рудных и нерудных минералов, то многие из них хотя и часто встречаются в руде, но не имеют большой концентрации, а такие минералы, как серицит, биотит, циркон, турмалин и полевые шпаты, представлены редкими единичными зернами.

Описание отдельных минералов начнем с наиболее распространенных железорудных минералов.

Гидрогетит является основным минералом железорудной толщи. Он представлен рядом разновидностей и встречается в различных типах руд. В бобово-оолитовых рудах гидрогетит образует большую часть бобов и оолитов, плотные прожилки, а иногда сплошные плиты. В цементе этих руд он образует отдельные плотные и охристые участки и небольшие включения в хлоритах. В слоистых рудах гидрогетит слагает отдельные плотные и рыхлые участки, прослойки и прожилки, которые залегают и согласно слоистости и вкрест слоистости.

В так называемых охристых рудах, представляющих собой ожелезненную охристую зону коры выветривания серпентинитов, гидрогетит в виде охристой разности составляет основную массу этой руды.

Макроскопически среди гидрогетита можно выделить три разновидности: кристаллическую — волокнистую, плотную без видимого кристаллического строения — и гидрогетитовую охру.

Гидрогетитовая охра представляет собой желто-бурую или светлобурую микропористую породу, легко рассыпающуюся на отдельные кусочки при ударе молотком и легко растирающуюся пальцами. Под микроскопом гидрогетитовая охра имеет вид яркожелтовато-бурой микрочешуйчатой массы с отдельными более крупными лейстовидными чешуйками, с сильным двойным лучепреломлением, причем интерференционная окраска затушевана собственной светлорурой окраской минерала. В других случаях охра имеет слегка красноватый оттенок, тонкодисперсное строение, под микроскопом микрочешуйчатая, довольно однородна. Блеск матовый, твердость меньше 1, удельный вес 3.7—3.8. Цвет черты у красноватой охры — буровато-коричневый.

Химический анализ такой охры, взятой в карьере № 1 северной залежи (образец 47), приведен в табл. 2.

Довольно большое количество кремнезема и глинозема следует связать с хлоритом, который вместе с красноватой охрой слагает руду. Освободиться от него нам все же не удалось полностью, несмотря на тщательный отбор вещества. Для того, чтобы определить количество воды, содержащейся в гидрогетите, необходимо часть  $H_2O$  перечислить на хлорит, а также связать с ним и часть окисного железа, в количестве около 5%.

При исследовании хлоритов выяснилось, что молекулярное количество воды обычно вдвое превышает молекулярное количество кремнезема. Исходя из этого, молекулярное количество воды, которое мы должны связать с хлоритом, составят 174 единицы. Отсюда отношение  $Fe_2O_3 : H_2O = 1 : 1.08$  (за вычетом  $Fe_2O_3$ , идущего на хлорит).

Это показывает, что исследуемая охра является гидрогетитом.

Кривая нагревания этого образца (фиг. 18), по исследованиям Е. Я. Роде, является типичной для гидрогетита, с резко выраженной гетитовой эндотермической остановкой с максимумом при  $425^\circ$ . «Таким образом, — пишет Е. Я. Роде (1938), — на основании кривой нагревания можно сказать, что вещество, несмотря на свою красноватую окраску, является гидрогетитом». Такой же результат дали рентгенографические исследования, так как дебаграмма этой охры дает типичный гетитовый спектр.

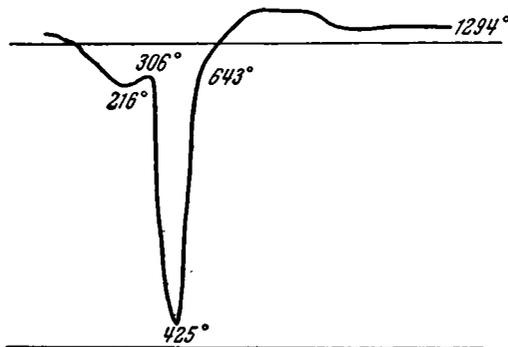
Что же касается других окислов ( $CaO$ ,  $MgO$ ,  $NiO$ ,  $CoO$  и др.), уста-

Химический состав гидрогетитовой охры

Компоненты	Весов. %	Молек. колич.	Компоненты	Весов. %	Молек. колич.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	5.25	87	CaO . . . . .	0.64	11
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	5.85	57	NiO . . . . .	1.11	15
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1.01	6	CoO . . . . .	0.048	—
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	74.35	464	H <sub>2</sub> O+ . . . . .	10.09	} 639
FeO . . . . .	0.36	5	H <sub>2</sub> O— . . . . .	1.41	
MgO . . . . .	0.65	16			
MnO . . . . .	0.03	—	Сумма . . . . .	100.79	—

Анализ произведен в лаборатории ИГН АН СССР.

новленных химическим анализом в составе этой охры, то одна часть их находится, повидимому, в абсорбированном состоянии в самой охре, другая же часть входит в состав молекулы хлорита, так как анализы чистых хлоритов всегда показывают наличие этих окислов (см. описание хлоритов).



Фиг. 18. Кривая нагревания гидрогетитовой охры.

Гидрогетит скрытокристаллического строения. Эта разновидность гидрогетита имеет довольно широкое распространение в осадочной рудной толще. В бобово-оолитовых рудах она образует гальки, бобы, оолиты, прожилки и толщиной в 2—5 см и сплошные плиты (мощностью в 0.4 м) с заключенными в них бобами. В сплошных рудах этот гидрогетит слагает также плотные небольшие прожилки, неправильные гнезда и жеоды.

Эта разновидность гидрогетита представляет плотную массу коричневатобурого и темнокоричневого цвета. Она имеет неровный излом, восковой блеск, коричнево-буроватую, а иногда коричнево-желтоватую черту с матовым блеском, твердость около 4.5, удельный вес 3.85. Под микроскопом часто гидрогетит имеет микроволокнистое или мелкочешуйчатое строение. Иногда он образует псевдоморфозы по карбонату. Цвет его от желто-бурого до красновато-оранжевого, сильное двойное лучепреломление, иногда анизотропия проявляется слабо, в сплошных плитах и прожилках он образует неправильные натечные каемки по стенкам пустот с метакolloидной структурой. Очень часто среди просвечивающих и действующих на поляризованный свет больших участков гидрогетита встречаются небольшие изотропные выделения эренвертита, представляющего собой гидрогель гидрогетитового состава.

Гидрогетитовые бобы в подавляющем большинстве непрозрачны, и

лишь немногие из них просвечивают оранжево-коричневым цветом и слабо действуют на поляризованный свет. Иногда среди просвечивающих бобов встречаются также изотропные участки эренвертита. Нередко в центре бобов или в периферических их частях встречаются зерна магнетита, хромшпинелидов и кварца.

Реже гидрогетит образует концентрически-скорлуповатые оолиты из чередующихся концентров неодинаковой плотности и окраски, наиболее плотные непрозрачные сменяются прозрачными, красновато- или желтовато-оранжевыми концентрами. Иногда прозрачные концентры имеют хлоритовый состав.

Строение бобов и оолитов указывает на то, что они образовались путем выпадения гидроокислов железа из коллоидных и химических растворов.

В прожилках и плитах среди слоистых и бобовых руд гидрогетит имеет вторичное происхождение и образовался после отложения рудной толщи, так как он замещает хлориты, цементирует и обволакивает собою бобы, оолиты, зерна кварца и хромшпинелидов и вообще весь кластический материал, который находится в этих рудах.

Химический анализ (неполный) гидрогетита из прожилка в бобовой руде (обр. 46, карьер № 1, северная залежь) дан в табл. 3.

Таблица 3

Химический состав скрытокристаллического гидрогетита

Компоненты	Весов. %	Молек. колич.	Компоненты	Весов. %	Молек. колич.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	3.04	50	MnO . . . . .	0.17	2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	4.65	45	NiO . . . . .	0.19	2
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	3.02	20	CoO . . . . .	0.02	—
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	70.50	440	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.39	3
FeO . . . . .	0.61	8	H <sub>2</sub> O . . . . .	11.61	645

Анализ произведен в лаборатории ИГН АН СССР.

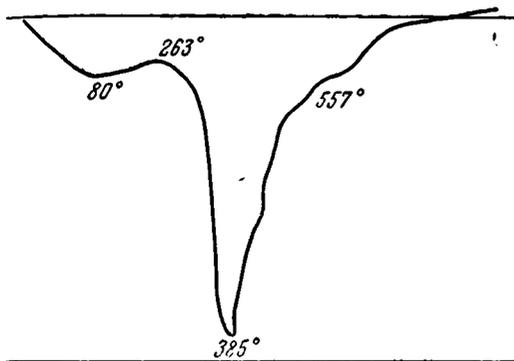
В анализированном образце имеются включения мелких зерен кварца, чешуек гидраргиллита и хромшпинелидов микроскопического размера, вследствие чего выделить их из образца невозможно. Часть воды (135 единиц) мы должны перечислить на гидраргиллит, остальную воду перечисляем на Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и получаем отношение Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · H<sub>2</sub>O = 1 : 16, откуда видно, что и здесь мы имеем дело с гидрогетитом. Эмпирическая формула для этого гидрогетита будет иметь следующий вид: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · H<sub>2</sub>O + nH<sub>2</sub>O, где n = 0.016 (или n = 1.6% весовых).

Кривая нагревания этого образца (фиг. 19) имеет типичный для гидрогетита характер с непрерывным удалением воды до 80° и резкой эндотермической остановкой при 385°.

Волокнистый гидрогетит. Эта разновидность гидрогетита встречается главным образом в жеодах, которые расположены среди тонкослоистых руд северной и отчасти южной залежей. Иногда волокнистый гидрогетит образует отдельные небольшие прожилки и неправильные скопления в рудах.

Внутри жеед этот гидрогетит образует оторочки и каймы параллельно-волокнутого и радиально-волокнутого строения на стенках жеед, сложенных гидрогетитом скрытокристаллического строения. Иногда оторочки оканчиваются тонким слоем «стеклянной головы». Длина

волокон гидрогетита колеблется от 2—3 мм до 2 см. Толщина слоя стеклянной головы не превышает 5 мм. На фиг. 20 показано строение



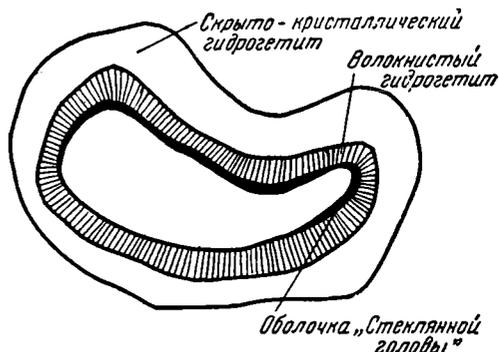
Фиг. 19. Кривая нагревания гидрогетита скрытокристаллического строения. Обр. К 1—4 б

такой жеоды из тонкослоистых руд. Нередко внутри жеоды образуются гидрогетитовые сталактиты и сталагмиты, внутренняя часть которых состоит из скрытокристаллического гидрогетита, а внешняя часть сложена волокнистым кристаллическим гидрогетитом, почти всегда покрытым очень тонким черным, с зеленоватым оттенком, бархатистым налетом (фиг. 21). В жеодах больших размеров (до 0.6 м в поперечнике) сталактиты и сталагмиты имеют большие размеры (длина до 15—20 см, диаметр до 3.5 см), и в таких случаях толщина их внешнего кристаллического слоя, т. е. длина волокон гидрогетита, достигает 5—8 мм. В небольших сталактитах длина волокон измеряется 1—2 мм.

Кристаллический гидрогетит имеет желтовато-стальной цвет, металлический блеск, твердость его около 5, удельный вес 4.8. Под микроскопом видно, что в большинстве случаев волокна гидрогетита располагаются параллельно друг другу, но иногда встречаются участки с радиально-лучистым и пучковатым расположением волокон. Нередко также можно встретить участки с «ельчатой» структурой. Иногда наблюдается зонарное строение массы (фиг. 22), что указывает на наличие прерыва в росте кристаллов. Окраска кристаллического гидрогетита различна, встречаются буровато-красные, светлобурые, красновато-оранжевые и желто-оранжевые разновидности. Иногда он хорошо поляризуется и имеет высокую интерференционную окраску.

В отраженном свете у волокнистого гидрогетита цвет внутренней рефлексии и цвет порошка желтовато-коричневый. Минерал ясно анизотропен.

Турьит. Этот минерал встречается на северной залежи Ново-Киевского месторождения и обнаружен в карьере № 1 и в дудке 21 линии 1—2. Он представляет собой землистую, довольно плотную, красновато-коричневую массу, которая служит цементом в бобовых рудах. В этой турьитовой массе встречаются мельчайшие включения гидраргиллита, кварца и хромшпинелидов. Турьит имеет красно-коричневую черту, неровный излом, матовый блеск, твердость 2.5, удельный вес 3.56. Сравнительно низкий удельный вес объясняется, повидимому, значительным количеством примесей; вообще же в описании минералогии Турьинских месторождений имеются указания на турьиты с таким удельным весом.



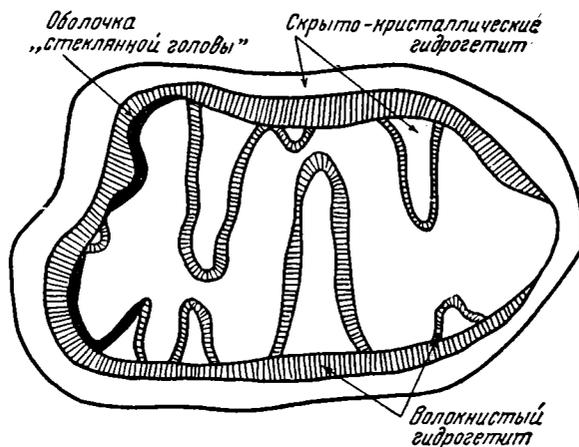
Фиг. 20. Зарисовка жеоды с волокнистым гидрогетитом,  $\times 5\frac{1}{2}$

Химический состав турьита

Компоненты	Весов. %	Молек. колич.	Компоненты	Весов. %	Молек. колич.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	7.17	119	CaO . . . . .	0.60	—
TiO <sub>2</sub> . . . . .	1.38	—	NiO . . . . .	0.09	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	8.74	86	CoO . . . . .	0.01	—
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	74.93	406	S . . . . .	0.09	—
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	4.66	—	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.35	—
FeO . . . . .	0.69	—	H <sub>2</sub> O . . . . .	10.62	590
MgO . . . . .	1.06	—			
MnO . . . . .	0.17	—	Сумма . . . . .	110.56	

Анализ произведен в лаборатории ИГН АН СССР.

При определении количества воды в гетите мы должны, так же как и в предыдущих пересчетах, отнести часть воды за счет гидраргиллита. Оставшееся количество воды пересчитываем на Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и получаем отношение Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : H<sub>2</sub>O = 1 : 0.82.



Фиг. 21. Зарисовка жеоды со сталактитами и сталагмитами,  $\times \frac{1}{5}$ .

Судя по этому отношению в исследуемом турьите в преобладающем количестве находится гидрогетит. Кривая нагревания образца К1—115 (фиг. 23) является типичной для турьита, с непрерывным удалением воды из гетитовой и гидрогематитовой массы с максимумом при 130° и резко выраженной остановкой с максимумом при 328°.

На основании анализа кривой Е. Я. Роде (1938) приходит к выводу, что в этих турьитах преобладает гидрогетит. Рентгеновский анализ, произведенный в рентгеноструктурной лаборатории Академии Наук, подтвердил данные микроскопии и термического анализа, так как дебаграмма четко показывает наличие двух фаз — гетитовой и гематитовой.

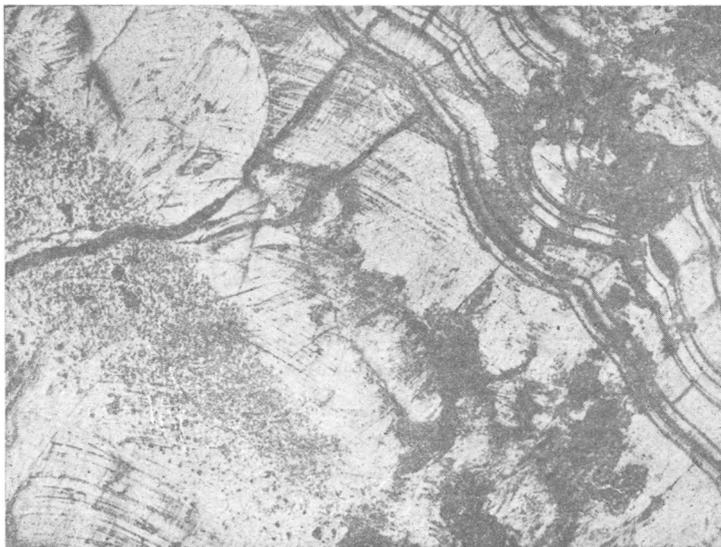
Гидрогематит присутствует в рудной толще довольно часто. Макроскопически можно различать две разновидности: 1) землистую и 2) плотную.

Землистый гидрогематит встречается в жеодах и конкрециях в бобовых и тонкослоистых рудах. В них он заполняет пустоты и слагает отдельные концентры.

В бобовых рудах эта разновидность гидрогематита иногда цементирует бобы и оолиты, а в тонкослойных рудах образует отдельные кирпично-красные прослойки толщиной в 1—3 см.

Микроскопически гидрогематит представляет собой рыхлую, а иногда уплотненную массу, вишнево-красного, кирпично-красного, а иногда лиловато-красного цвета. Удельный вес 4.3. Черта вишнево-красная. Под микроскопом он состоит из сплошной яркокрасной изотропной массы. Изредка среди этой массы встречаются мелкие удлиненные яркочерные анизотропные чешуйки.

Плотный гидрогематит слагает в большинстве случаев бобы. Он имеет железо-черный цвет, металлический блеск, реже ма-



Фиг. 22. Зонарное строение волокнистого гидрогематита. Микрофото полированного шлифа,  $\times 20$

товый, твердость около 5, излом неровный, цвет черты темнокоричневатый, реже темнокрасный, удельный вес 4.86.

Под микроскопом в проходящем свете гидрогематит непрозрачен, и лишь иногда вокруг бобов имеются красные анизотропные облоочки. Внутри бобов иногда бывают включены зерна хромита и кварца, а по трещинкам в бобах располагаются тончайшие прожилки гидраргиллита.

В отраженном свете этот гидрогематит имеет серо-белый цвет, стальной иглой не чертится, магнитен, проявляет слабые анизотропные свойства. Цвет внутренней рефлексии (с кедровым маслом) красный. Реагенты не действуют.

Для химического анализа (табл. 5) был отобран гидрогематит с темнокоричневой чертой.

Прежде чем делать выводы из химического анализа, необходимо указать, что рентгеновские исследования этого образца показали в его составе гематит с заметной примесью какого-то минерала в кубической фазе.

Из химического анализа видно, что кубическая фаза в рентгенограмме может быть обусловлена присутствием хромшпинелидов.

Присутствие глинозема и кремнезема здесь связано с наличием включений кварца и гидраргиллита. Исходя из этого, мы должны часть воды перечислить на гидраргиллит. При этих условиях гидратация гематита

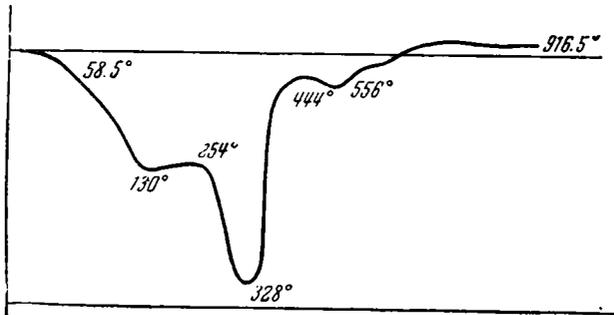
Химический состав плотного гидрогематита

Компоненты	Весов. %	Молек. колич.	Компоненты	Весов. %	Молек. колич.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	2.30	38	CaO . . . . .	0.32	—
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.32	—	NiO . . . . .	0.17	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2.14	21	CoO . . . . .	0.04	—
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	88.88	555	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	нет	—
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1.94	12	S . . . . .	0.10	—
FeO . . . . .	1.39	19	H <sub>2</sub> O . . . . .	2.30	127
MgO . . . . .	0.17	—			
MnO . . . . .	0.47	—	Сумма . . . . .	100.54	—

Анализ произведен в лаборатории ИГН АН СССР.

выражается отношением  $Fe_2O_3:H_2O=1:0.11$ . На кривой нагревания этого образца имеются эндотермические остановки при 171°2, 357°, максимум около 550°, и экзотермическая остановка при 799°.

Магнетит не образуется в рудной толще крупных скоплений. Он присутствует в цементе бобовых руд в виде мелких кластических зе-



Фиг. 23. Кривая нагревания турьита (обр. К 1—115)

рен, иногда же эти зерна находятся в центре гидрогематитовых и гидрогематитовых бобов. В тонкослоистых и грубослоистых рудах мельчайшие зерна магнетита редко рассеяны по всему слою руд, но иногда они достигают большей концентрации и приурочены к определенным прослойкам тонкослоистых руд. Нередко магнетит образует тонкие прожилки горизонтального и вертикального направления в слоистых рудах. Таким образом магнетит в рудной толще имеет различное происхождение. Мелкие кластические зерна являются продуктом разрушения кристаллического магнетита, содержащегося в основных изверженных породах, которые при своем выветривании дали материал для образования халиловских руд. Эти зерна магнетита были принесены в рудную толщу в процессе ее отложения. Магнетит, слагающий прожилки, образовался на месте уже после отложения руд. Причина его образования здесь не выяснена.

Магнетит из прожилков имеет скрытокристаллическое сложение Черта черная, блеск металлический, излом неровный. Магнитен. Под микроскопом в полированных шлифах изотропен, соляной кислотой хорошо травится. В гидрогематитовых бобах его зерна резко выделяются по цвету.

Псилломелан-в-ад присутствует в рудной толще довольно часто. В бобовых и слоистых рудах он образует черные налеты по трещинам

Наибольшей концентрации эти налеты достигают в тонкослоистых рудах. Здесь они располагаются главным образом по вертикальным трещинам и образуют мельчайшие точечные включения, рассеянные редко в массе руды. Иногда вад в этих рудах и по трещинам силицифицированных выщелоченных серпентинитов образует тонкие прожилки и неправильные скопления. Среди охристых руд, главным образом на контакте их с силицифицированными и карбонатизированными серпентинитами, встречаются иногда прослой и линзы черных, землистых, сильно пористых и легковесных марганцовистых скоплений.

Макроскопически псиломелан-вад представляет собой серовато-черную и синевато-черную землистую массу. Сильно марают руки, очень мягок. В серовато-черных разностях иногда наблюдается тонкочешуйчатое и волокнистое строение. Очень легок, плавает в воде, что зависит от пористого сложения минерала. Черта блестящая, серовато-черная, иногда буровато-черная.

По всем вышеперечисленным признакам приходится признать, что на Ново-Киевском месторождении марганцовый минерал представлен вадом, а не псиломеланом.

Под микроскопом, в проходящем свете, вад не прозрачен. Полируется плохо. В отраженном свете имеет серо-белый цвет, не магнитен, изотропен. В соляной кислоте легко растворяется, в крепкой серной кислоте образует раствор красного цвета.

Для химического анализа чистых разностей минерала, вследствие его засоренности и распыленности, отобрать не удалось. Приведенные анализы (табл. 6) показывают, что вад Ново-Киевского месторождения, помимо механических примесей, которые могли попасть при отборе минерала, содержит в своем составе также большое количество и химических примесей. С ним, повидимому, всегда ассоциируют железо, никель и кобальт. Особенно большой концентрации в этих образцах вада достигает никель.

Необходимо отметить, что среди вада можно различать две разновидности: одна из них землистая черная с синевато-голубоватым оттенком, другая — стально-серого цвета с жирным блеском, очень мягкая (похожа на грязь). Эти разновидности вада содержат в своем составе неодинаковые количества кобальта, как видно из данных табл. 7.

Концентраты разновидности вада с синевато-голубоватым оттенком содержат значительно большее количество кобальта, чем скопления вада стально-серого цвета, несмотря на то, что эти последние богаче марганцем.

Таким образом среди вада намечается разновидность его с повышенным содержанием кобальта, имеющая черный с синевато-голубоватым оттенком цвет. Эта разновидность может быть отнесена к асболану.

Хромшпинелиды встречаются во всех типах руд в виде мелких кластических зерен. В бобовых рудах эти зерна находятся в хлоритовом цементе, а иногда включены в гидрогетитовые и гидрогоматитовые бобы. В грубослоистых рудах они рассеяны по всему слою без всякой закономерности, а в тонкослоистых рудах чаще всего приурочены к определенным пропласткам, где они образуют сплошные включения. Они имеют неправильную форму и плохо окатаны.

В бобовых, грубослоистых и тонкослоистых рудах хромшпинелиды находятся, примерно, в одинаковых количествах, что подтверждается микроскопическими наблюдениями и химическими анализами. В верхнем же горизонте бобовых руд, в так называемых конгломератовидных глиноземистых рудах, они встречаются в значительно меньших количествах, чем в бобовых рудах. В охристых рудах и серпентинитах хромшпинелиды отличаются часто правильной формой и резкими очертаниями зерен в связи с тем, что здесь они никуда не перемещались с момента их кристаллизации в серпентинитах.

**Химический состав скоплений марганцовых**

№ обр.		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
13	Рыхлые марганцовистые скопления . . . . .	15.00	3.41	12.08	0.15
10	Марганцовые налеты по трещинам змеевиков . .	5.68	1.54	43.37	0.47
9	Марганцовый налет в змеевиках . . . . .	7.84	3.06	44.40	0.46
13а	Землистые марганцовые черные скопления . . . .	—	—	—	—
13б	Черные марганцовые оболочки . . . . .	—	—	—	—

Анализы произведены в лаборатории ИГН АН СССР.

Зерна хромшпинелидов железо-черного цвета с стеклянным блеском. Под микроскопом имеют буровато-красный цвет, изотропны, разбиты трещинами. Иногда по краям зерен наблюдаются совершенно непрозрачные оболочки, представляющие собой продукт изменения хромита.

Среди гидрогетитовых и гидрогематитовых бобов зерна хромита хо-

**Таблица 7**  
**Химическая характеристика разновидностей вада (в %)**

№ обр.	Черные марганцевые скопления вада с синевато-голубоватым оттенком		№ обр.	Марганцевые скопления стально-серого цвета с жирным блеском	
	Со	Mn		Со	Mn
55 . . . . .	0.46	2.36	К-10	0.23	13.39
3 . . . . .	0.92	10.51	9	0.16	14.01
13 . . . . .	0.87	5.46	10	0.24	15.94
3а . . . . .	0.55	1.62	13	0.10	25.42
			К-15	0.06	23.56

рошо можно отличить в проходящем свете, где он имеет буровато-красный цвет; в отраженном свете хромит хотя и выделяется по окраске, но иногда его трудно отличить от других минералов.

**Железистые хлориты.** Железистые хлориты на Ново-Киевском месторождении распространены очень широко. Они встречаются во всех типах руд. В бобовых рудах они образуют главным образом цемент и иногда по трещинам пронизывают гидрогетитовые и гидрогематитовые бобы. В грубослоистых и тонкослоистых рудах хлориты составляют до 50% всей рудной массы. В охристых рудах они встречаются реже, чем в предыдущих трех типах руд. Здесь они представлены или отдельными небольшими участками, или отдельными чешуйками, которые неравномерно рассеяны в слое руды.

Физические свойства хлоритов, так же как и их химический состав, колеблются в довольно широких пределах. Среди них мы встречаем много разновидностей, отличающихся между собой по цвету, строению, плотности и оптическим свойствам. Так, например, по цвету хлориты разделяются на светлозеленые, яркозеленые, темнозеленые, желтовато-зеленоватые, буровато-зеленые, бурые и коричневые. По строению выделяются землистые, бобовые и скрытокристаллические, чешуйчатые

## минералов Ново-Киевского месторождения (в %)

MnO	CaO	MgO	NiO	CaO	H <sub>2</sub> O—	H <sub>2</sub> O+	Примечание
33.02	2.98	2.54	4.29	0.12	7.37	8.79	Анализировался чистый штуф
25.22	1.78	3.60	1.55	0.30	4.91	8.95	Налеты осторожно соскабливались
18.20	1.66	4.54	1.15	0.20	2.87	12.84	То же
39.65	—	—	3.68	0.05	—	—	Выделены из обр. 13
34.74	—	—	5.28	0.18	—	—	Выделены из обр. 13

разности; по плотности — рыхлые, плотные и очень плотные; по оптическим свойствам — изотропные и анизотропные. Часто среди всех этих разновидностей намечаются постепенные переходы от одного вида к другому.

Следуя принципу классификации хлоритов, в основу которого кладется величина  $s$ , равная отношению  $\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3$ , принятому Орседем (Orsel, 1927), мы объединяем в одну группу хлориты, имеющие приблизительно равную величину указанного коэффициента  $s$ , расположив их по возрастающей величине этого последнего.

Хлорит, у которого  $s = 1$ . Буровато-зеленый хлорит с крупночешуйчатой структурой, массивным сложением, встречается главным образом в грубослоистых рудах. Под микроскопом чешуйки имеют лейстовидный характер, хорошо развитую спайность, положительное удлинение, сильный плеохроизм по Ng — светлобуровато-зеленоватый, по Np — темнобуровато-зеленый. Схема абсорбции  $\text{Np} > \text{Ng}$ . Оптический характер отрицательный, угол оптических осей очень мал. Показатели преломления:  $\text{Ng} = 1.656$ ,  $\text{Np} = 1.646$ ,  $\text{Ng} - \text{Np} = 0.010$ . Обычно хлорит находится в очень тесном сростании с гидрогетитом. Окислы железа часто замещают самое вещество хлорита, сохраняя его лейстовидные очертания.

Для химического анализа (табл. 8) был взят образец K1—8 из карьера северной залежи, тщательно очищенный от окислов железа.

В соответствии с величиной  $s$  данного хлорита, по классификации Орседа этот хлорит следовало бы отнести к тюрингиту, где  $s = 1$  до  $4/3$ , однако по другим ведущим коэффициентам  $a = \text{Fe}_2\text{O}_3 : \text{Al}_2\text{O}_3 = 1.48$ ,  $r = \text{FeO} : \text{MgO} = 2.2$  и  $g = \text{RO} : \text{R}_2\text{O}_3 = 0.44$  он скорее может быть отнесен к группе алюмини-железистых прохлоритов.

Хлорит с  $s = 1.3 - 1.5$ . Зеленый мелкокристаллический плотный хлорит, встречающийся в виде неправильных включений и гнезд, главным образом в грубослоистых рудах. Твердость 2.5, удельный вес 2.7. Под микроскопом представляет собой крупночешуйчатый агрегат, часто с идиоморфными прямоугольными или гексагональными очертаниями отдельных чешуек, с совершенной спайностью, ясным плеохроизмом (Ng — бледнобуроватый, Np — буровато-зеленый), со схемой абсорбции  $\text{Np} > \text{Ng}$ . Оптически отрицателен, с очень малым углом оптических осей. Угасание относительно трещин спайности прямое, удлинение положительное. Показатели преломления для одного образца (K1—1):  $\text{Ng} = 1.640$ ,  $\text{Np} = 1.633$ ,  $\text{Ng} - \text{Np} = 0.007$ ; для другого, подобного образца (K2—6) средний показатель преломления  $\text{Nm} = 1.640$ .

Таблица 8

Химический состав хлорита с s близким к 1

Компоненты	Весов. %	Молек. колич.	Коэффициенты по Орселю
SiO <sub>2</sub> . . . . .	22.53	375	$s = \frac{375}{361} = 1.00$
TiO <sub>2</sub> . . . . .	сл.	—	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	14.67	144	$a = \frac{213}{144} = 1.48$
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	34.19	213	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0.58	4	$f = \frac{98}{44} = 2.2$
FeO . . . . .	7.02	93	
MgO . . . . .	1.78	44	$r = \frac{161}{361} = 0.44$
MnO . . . . .	0.29	4	
CaO . . . . .	0.46	9	$h = \frac{1000}{361} = 2.8$
NiO . . . . .	0.47	6	
CoO . . . . .	0.03	1	
H <sub>2</sub> O+ . . . . .	18.05	1000	
Сумма . . . . .	100.12	—	

Анализ произведен в лаборатории ИГН АН СССР.

Эти разновидности хлоритов, как и в предыдущем случае, всегда ассоциируют с гидрогетитами, которые, судя по их неправильным формам выделения и особенно хорошо заметными в шлифах структурам разъедания хлоритов, часто образуются за счет этих последних.

Даже при самой тщательной отборке нам все же не удалось получить абсолютно чистый минерал, так как часто внутри мельчайших кусочков, казавшихся вполне однородными, все-таки обнаруживались мелкие пятнышки гидрогетита. Однако, количество его было в общем настолько невелико, что мы при пересчете химических анализов (табл. 9) считаем себя в праве не принимать его во внимание.

Химический состав хлоритов с s = 1.3—1.5

Таблица 9

Компоненты	Обр. К 1—1			Обр. К 2—6		
	Весов. %	Молек. колич.	Коэффиц. по Орселю	Весов. %	Молек. колич.	Коэффиц. по Орселю
SiO <sub>2</sub> . . . . .	28.36	473	$s = \frac{473}{307} = 1.54$	25.61	426	$s = \frac{426}{343} = 1.25$
TiO <sub>2</sub> . . . . .	не опр.	—		0.03	—	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	16.21	158	$a = \frac{146}{158} = 0.92$	18.56	186	$a = \frac{154}{186} = 0.83$
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	23.28	146		24.66	154	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0.43	3	$r = \frac{228}{307} = 0.74$	0.53	3	$r = \frac{230}{343} = 0.67$
FeO . . . . .	11.08	154		10.08	140	
MgO . . . . .	2.05	51	$f = \frac{154}{51} = 3.00$	2.38	59	$f = \frac{140}{59} = 2.4$
MnO . . . . .	0.80	11		0.16	2	
CaO . . . . .	0.24	4		1.10	19	
NiO . . . . .	0.57	7	$h = \frac{964}{307} = 3.14$	0.44	6	$h = \frac{925}{343} = 2.7$
CoO . . . . .	0.09	1		0.10	1	
K <sub>2</sub> O . . . . .	не опр.	—		0.62	4	
Na <sub>2</sub> O . . . . .						
H <sub>2</sub> O— . . . . .						
H <sub>2</sub> O+ . . . . .	17.36	964		4.95	925	
				11.71		
Сумма . . . . .	100.47			100.93		

Анализы произведены в лаборатории ИГН АН СССР.

По величине эти хлориты попадают в группу корундофиллита. Однако другие основные соотношения компонентов, определяемые коэффициентами  $a = \text{Fe}_2\text{O}_3 : \text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{FeO} : \text{MgO}$ , совершенно не соответствуют составу корундофиллита, обычно содержащего мало окисного и закисного железа. По коэффициентам  $a$  и  $f$  описываемые хлориты с наибольшим приближением могут быть отнесены к тюрингитам, для которых устанавливаются изоморфные отношения между Al и Fe (окисным), причем количество этого последнего хотя и довольно велико, но почти никогда не достигает цифр, приведенных для наших хлоритов. Следует все же отметить, что коэффициент  $s$  в ряде случаев по анализам, приведенным у Орселя, очень близко подходит к таковому для ново-киевских хлоритов.

В общем следует сказать, что железистые хлориты Ново-Киевского месторождения, объединенные в данной группе, по химическому составу ближе подходят к тюрингитам, отличаясь от этих последних лишь несколько большим количеством окисного железа.

Хлорит с  $s=2-2.2$ . В эту группу объединены хлориты со сходным химическим составом, но разнящиеся по микроскопическим свойствам. Поэтому мы вначале приведем таблицу химических анализов (табл. 10), а потом разберем свойства хлоритов.

Таблица 10

Химический состав хлоритов с  $s = 2-2.2$

Компоненты	Обр. 83			Обр. 274			Обр. 45		
	Весов. %	Молек. колич.	Кэффиц. по Орселю	Весов. %	Молек. колич.	Кэффиц. по Орселю	Весов. %	Молек. колич.	Кэффиц. по Орселю
$\text{SiO}_2$ . . . . .	30.62	510	$s=2.0$	31.99	533	$s=2.2$	32.11	535	$s=2.2$
$\text{TiO}_2$ . . . . .	0.08	1		0.08	1		0.03	—	
$\text{Al}_2\text{O}_3$ . . . . .	4.31	42	$a=5.1$	6.63	65	$a=2.6$	14.42	112	$a=1.2$
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ . . . . .	34.28	214	$f=1.15$	27.62	173	$f=0$	22.26	133	$f=1.50$
$\text{Cr}_2\text{O}_3$ . . . . .	0.58	3		0.34	2		0.43	3	
$\text{FeO}$ . . . . .	7.27	101	$r=0.8$	9.55	131	$r=1.2$	12.62	175	$r=1.2$
$\text{MnO}$ . . . . .	0.12	1		0.25	3		0.14	2	
$\text{MgO}$ . . . . .	3.52	88	$h=3.8$	5.32	133	$h=4.0$	4.49	112	$h=3.5$
$\text{CaO}$ . . . . .	0.91	16		0.70	12		0.80	14	
$\text{NiO}$ . . . . .	0.20	16		0.66	9		0.60	8	
$\text{CoO}$ . . . . .	0.09	1		0.06	1		0.08	1	
$\text{K}_2\text{O}$ . . . . .	0.62			0.25			0.12		
$\text{Na}_2\text{O}$ . . . . .									
$\text{H}_2\text{O}+$ . . . . .	9.53	965		9.72	950		9.14	870	
$\text{H}_2\text{O}-$ . . . . .	7.85			7.39			6.51		
Сумма . . . . .	99.98			100.56			103.75		

Анализы произведены в лаборатории ИГН АН СССР.

Хлорит образца 83 представляет собой темнозеленую, почти черную, крупнокристаллическую массу. Встречается в тонкослоистых рудах в виде гнезд и прожилков мощностью в 1 см. Направление прожилков совпадает со слоистостью, но иногда они секут ее. Твердость минерала около 3, удельный вес 2.78.

Под микроскопом представляет собой крупночешуйчатый агрегат. Чешуйки имеют совершенную спайность, положительное удлинение. В сечениях, перпендикулярных оптической оси, имеет совершенно пра-

вильные шестигранные очертания. Показатели преломления:  $n_g = 1.640$ ,  $n_p = 1.626$ ,  $n_g - n_p = 0.014$ . Плеохроизм ярко выражен: по  $n_p$  — темнобурый, по  $n_g$  — светлобурый, схема абсорбции  $n_p > n_g$ . Одноосный, оптический знак отрицательный.

Хлориты образцов 274 и 47 обладают некоторым сходством, представляя собой довольно плотную массу, залегающую в виде небольших гнезд среди слоистых руд.

Образец 274 имеет светлый зеленовато-серый цвет, весьма мелкочешуйчатое сложение. Твердость 2.5, удельный вес 2.58. Под микроскопом этот мелкочешуйчатый агрегат обладает слабым зеленоватым оттенком и низкой интерференционной окраской. Средний показатель преломления  $n_m = 1.628$ .

Образец 47 отличается более тонкодисперсным, серовато-травяно-зеленым цветом; твердость 2.5, удельный вес 2.66. Под микроскопом этот хлорит представляет собой микрочешуйчатую массу со слабо проявленной анизотропностью. Средний показатель преломления  $n_m = 1.625$ .

По величине  $s$  все три хлорита могут быть отнесены к прохлоритам, в частности к их железистой разновидности (группе кронштедтитов и др.). Более точное отнесение к какому-либо определенному минералу хлоритовой группы затруднительно в виду большого разнообразия в химическом составе.

Следует отметить, что в состав ново-киевских хлоритов входят такие элементы как Mg, Ni, Co, Cr, Mn, Ca и Ti. При рассмотрении таблиц бросается в глаза большое количество магния, присутствующего в хлоритах.

По мнению акад. В. И. Вернадского (1937), в пресноводных озерах образуются хлориты, в составе которых существенную роль играет магний. Не исключена возможность, что в Ново-Киевском месторождении мы имеем дело именно с такого рода хлоритами, так как бассейн, в котором отлагалась железорудная толща, принадлежит именно к типу пресноводных озер.

Что касается Ni, Co, Cr, то эти элементы тоже, повидимому, входят в состав решетки хлоритов. Опыты, проведенные химиком Р. А. Найшуль по нашим указаниям, показали, что хлориты независимо от степени измельчения не адсорбируют Ni из раствора ( $NiSO_4$ ) и не выделяют его при действии  $NH_4Cl$ . Отсюда следует, повидимому, что никель в хлоритах, входя прочно в состав решетки, не выщелачивается хлористым аммонием. Подобные же опыты с слоистыми рудами, в составе которых помимо хлорита существенную роль играет охристый гидрогетит, показали, что NiO адсорбируется этими рудами в количестве 0.25—0.26 г на 25 г руды. Кобальт ведет себя иначе: он адсорбируется хлоритами из раствора. Это, повидимому, объясняется тем, что хотя Co и входит в состав решетки хлоритов, но они им недостаточно насыщены и потому охотно его поглощают. Окись хрома, входящая в состав хлоритов, в отличие от таковой в хромитах легко разлагается HCl и переходит в раствор.

Термические исследования ново-киевских хлоритов производил Е. Я. Роде (1938). По характеру кривых нагревания все хлориты им разбиты на две группы: одна из них (I) дает простые кривые нагревания, другая (II) более сложные.

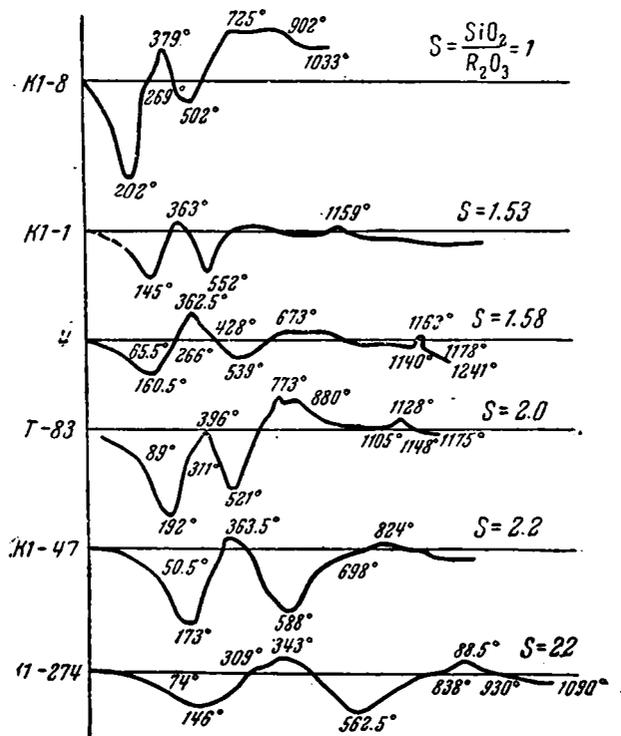
В первую группу вошли хлориты образцов К 1—8, К 1—1, 4, Т + 83, К 1—47 и К 1—274 (фиг. 24).

Образец К 1—8 имеет на кривой нагревания два эндотермических эффекта: первый от комнатной температуры с максимумом  $202^\circ$ , второй от  $379^\circ$  с максимумом при  $502^\circ$ . Слабо выраженные экзотермические эффекты: один при  $725^\circ$ , другой при  $902^\circ$ .

Образец К 1—1 имеет на кривой нагревания две эндотермические остановки: первая от  $18^\circ$  с максимумом при  $145^\circ$ , вторая от  $363^\circ$  с мак-

симумом при 552°. Кроме того имеются экзотермические остановки: одна с максимумом при 360°, другая с максимумом при 1159°.

Образец 4 имеет две эндотермические остановки: первая от 66.5° с максимумом при 160.5°, а вторая от 428° с максимумом при 539°. Между указанными остановками, повидимому, имеется экзотермический эффект от 266 до 428° с максимумом при 362.5°. Кроме того имеется экзотермический эффект с максимумом при 1163°. На кривой обезвоживания этого образца (фиг. 25) имеем вначале непрерывное удаление воды от комнатной температуры с переломом кривой при 174—210°, затем, начиная от 342 до 400°, имеется второй разрыв в ходе кривой



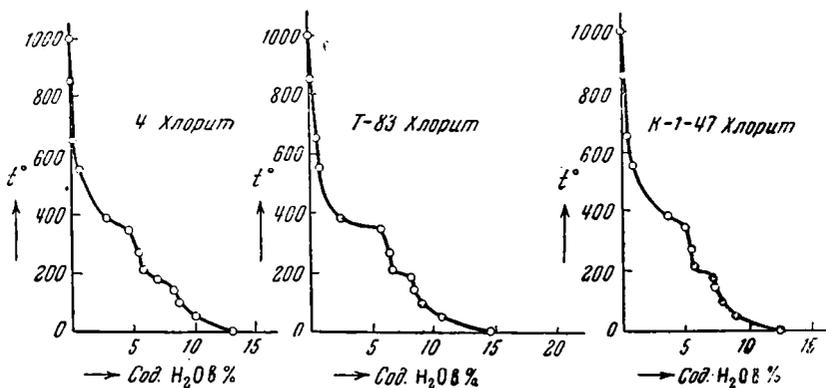
Фиг. 24. Кривые нагревания хлоритов, группа I

обезвоживания. Эти разрывы почти соответствуют эндотермическим остановкам на кривой нагревания.

Образец К 1—274. На кривой нагревания имеются две эндотермические остановки: первая от 74° с максимумом при 146° и вторая от 343° с максимумом при 562.5°. Между ними имеется экзотермическая остановка при 309—343°. Кроме того имеется экзотермическая остановка с максимумом при 885°.

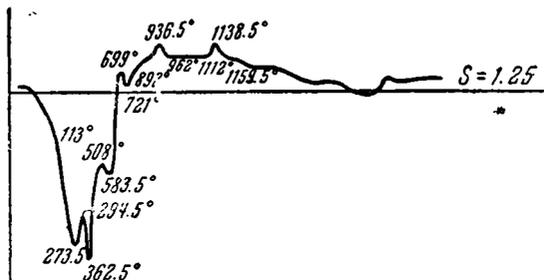
Во вторую группу кривых нагревания вошел хлорит образца К 2—6. Кривая нагревания этого образца (фиг. 26) имеет сложный характер. На ней имеется три эндотермических остановки: первая от 113° с максимумом при 237.5°, вторая с максимумом при 362.5° и третья от 508° с максимумом при 583.5°. Первая и третья остановки могут быть сопоставлены с соответствующими эндотермическими остановками кривых нагревания хлоритов первой группы. Вторая же остановка является новой и не имеет аналогов у хлоритов первой группы. Далее идут экзотермические остановки с максимумами при 699, 936.5° и 1138.5°. Последние две остановки аналогичны таковым для хлоритов первой группы, первая же, с максимумом при 699°, не находит себе аналога на кривых нагревания хлоритов первой группы.

Подводя итоги рассмотрению кривых нагревания и обезвоживания, Е. Я. Роде (1938) указывает, что удаление воды из хлоритового вещества идет в две стадии. Вначале, при низких температурах, идет непрерывное удаление воды, отвечающее эндотермическим эффектам на кривой нагревания. На кривых обезвоживания видно, что сначала идет



Фиг. 25. Кривые обезвоживания хлоритов, группа I

непрерывное удаление воды до температур 174—210°. Затем, за первым эндотермическим эффектом следует экзотермический эффект при температурах от 270 до 390°, соответствующий, по видимому, окислению закисного железа хлорита, так как при температуре 342°, которая отвечает началу второго разрыва на кривой обезвоживания, цвет порошка переходил в красный.



Фиг. 26. Кривая нагревания хлорита, группа II (сложная). Обр. К 2—6

Вторая стадия удаления воды идет в температурах интервала от 360 до 560°. Это отвечает эндотермическому эффекту на кривой нагревания и разрыву кривой обезвоживания при 342—382°. Последние порции воды удаляются из вещества при более высоких температурах. Е. Я. Роде приходит к выводу, что в исследованных хлоритах, по видимому, существуют два вида гидратов, которые устойчивы в указанных выше температурных пределах, хотя природа этих гидратов не совсем еще выяснена. Из приведенного выше описания следует, что хлориты Ново-Киевского месторождения являются своеобразными и довольно сложными образованиями и нуждаются в дальнейшем более детальном изучении.

Палыгорскит (горная кожа) встречен в верхних слоях рудной толщи как на северной, так и на южной залежи. Он образует по трещинам бобовых руд корки, прожилки и неправильные скопления. Эти корки имеют локальное распространение и приурочены главным образом к верхней части бобовых руд; лишь изредка они встречаются

в низах этого слоя и в верхней части грубослоистых руд. Макроскопически палыгорскит представляет собой белую пористую массу, напоминающую кожу или картон. Толщина корок 1 см, иногда до 2 и 3 см. С поверхности палыгорскит окрашен гидроокислами железа. Твердость 2,5, удельный вес 2,10. Под микроскопом минерал обладает тонко-спутанно-волокнустым строением и имеет слегка желтоватую окраску. Волонка обнаруживают слабую интерференционную окраску, положительное удлинение.

Химический анализ этого минерала приведен в табл. 11.

Эмпирическая формула этого минерала, согласно данным анализа, имеет следующий вид:  $6\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 1,5\text{MgO} \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ . Он наиболее близко подходит (по классификации А. Е. Ферсмана) к  $\beta$ -палыгорскиту ( $7\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{MgO} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), но отличается от последнего меньшим содержанием  $\text{SiO}_2$  и большим содержанием  $\text{H}_2\text{O}$ . Этот минерал представ-

Таблица 11

Химический состав палыгорскита

Компоненты	Весов. %	Молек. колич.	Компоненты	В . %	Молек. колич.
$\text{SiO}_2$ . . . . .	49.72	829	$\text{MgO}$ . . . . .	8.57	214
$\text{TiO}_2$ . . . . .	0.00	—	$\text{MnO}$ . . . . .	0.08	1
$\text{Al}_2\text{O}_3$ . . . . .	14.23	140	$\text{CaO}$ . . . . .	1.15	20
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ . . . . .	0.40	2	$\text{H}_2\text{O}-$ . . . . .	5.88	327
$\text{Cr}_2\text{O}_3$ . . . . .	0.00	—	$\text{H}_2\text{O}+$ . . . . .	20.26	1 126
$\text{FeO}$ . . . . .	0.38	6	Сумма . . . . .	100.67	

Аналитик П. А. Волков.

ляет собой продукт выветривания магниевых алюмосиликатов (хлоритов) и образовался, по видимому, в самую последнюю стадию процессов изменения, происходивших в рудной толще.

Гидра р г и л л и т среди нерудных минералов Ново-Киевского месторождения пользуется наиболее широким распространением. Он встречается в бобовых и грубослоистых рудах обеих залежей. В бобовых рудах он среди хлоритового цемента образуется по хлориту и слагает неправильные скопления и прожилки, а иногда заполняет трещины в бобах. В грубослоистых рудах гидра р г и л л и т образует неправильной формы включения желтовато-белого цвета, которые придают иногда породе пестрый вид. Изредка он встречается и в тонкослоистых рудах в виде мелкочешуйчатых агрегатов. Под микроскопом гидра р г и л л и т представляет собой бесцветный чешуйчатый агрегат с различной величиной чешуек. Местами он имеет весьма мелкочешуйчатое строение со слабо проявленной анизотропией, а иногда образует довольно крупночешуйчатые, чаще радиально-лучистые, агрегаты. Чешуйки имеют отрицательное удлинение и прямое угасание. Показатели преломления:  $n_g = 1.577$ ,  $n_p = 1.572$ ,  $n_g - n_p = 0.005$ .

Нами был проанализирован образец грубослоистой гидрогетит-хлоритовой руды с желтовато-белыми гидра р г и л л и т о в ы м и включениями (табл. 12).

Из анализа видно, что количество глинозема значительно выше количества кремнезема и не может быть целиком отнесено за счет хлорита. Учитывая микроскопические данные, можно с уверенностью считать, что около 10%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  следует отнести за счет гидра р г и л л и т а.

К в а р ц является после гидра р г и л л и т а наиболее распространенной примесью в руде. В осадочных рудах он встречается в виде галек и

Химический состав руды, содержащей гидрагиллит

Компоненты	Весов. %	Молек. колич.	Компоненты	Весов. %	Молек. колич.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	16.17	269	NiO . . . . .	0.09	1
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.16	2	CoO . . . . .	0.00	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	25.43	249	S . . . . .	0.07	1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	32.78	205	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.03	—
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1.05	7	H <sub>2</sub> O— . . . . .	5.28	290
FeO . . . . .	0.18	2	H <sub>2</sub> O+ . . . . .	16.75	930
MgO . . . . .	1.15	29			
MnO . . . . .	0.17	2	Сумма . . . . .	99.47	—
CaO . . . . .	0.16	3			

Анализ произведен в лаборатории ИГН АН СССР.

песчинок, в остаточных охристых рудах образует прожилки и неправильные скопления.

Галька приурочена исключительно к бобовым рудам, здесь же сосредоточена и главная масса песчинок, и лишь изредка плохо окатанные зерна кварца наблюдаются в грубослоистых и тонкослоистых рудах. В гальке кварц чаще сдавленный с мозаичной структурой. В песчинках кварц обычно свежий, с нормальным погасанием, округлой или угловато-окатанной формы.

В кварцевых прожилках среди охристых руд кварц образует друзы кристаллов, шестовидные гребенчатые агрегаты и щеточки. Рост кристаллов идет от стенок к центру прожилка. Здесь же встречаются иногда призматические шестигранные прозрачные кристаллы горного хрусталя, достигающие длины 0.3—1 см. Нередко кварц в этих прожилках разрушен, превращен в тонкий мунистый порошок, а иногда эти порошковатые зерна кварца рассеяны по всей массе охристой руды, придавая ей песчаный характер.

Часто наблюдается разъедание и замещение кварца гидрогетитом. Замещение начинается обычно с периферии кварцевых зерен, откуда гидроокислы железа неправильными языками и заливами вдаются в кварц. Некоторые зерна и участки кварца оказываются нацело замещенными гидрогетитом, который часто сохраняет их очертание.

Каолинит участвует в составе руды главным образом в периферических частях рудного тела. В бобовых рудах он образует довольно крупные участки цемента, а в глинистых конгломератовидных рудах слагает хорошо окатанные гальки. Иногда каолинит образует неправильные скопления и небольшие прожилки толщиной в 2—3 мм. Макроскопически каолинит представляет собой белую, иногда слегка зеленоватую тонкодисперсную массу.

Под микроскопом каолинит образует главным образом мелкочешуйчатые, бесцветные или слегка желтоватые агрегаты со слабо проявленной анизотропией. Изредка встречаются более крупные чешуйки, образующие в единичных случаях сферолитовые структуры с радиальным погасанием. Удлинение по радиусу положительное, показатель преломления  $N_m$  от 1.558 до 1.565, что вполне укладывается в пределы величины показателей преломления для каолинита. Химический анализ каолиновой гальки (северная залежь, западный борт карьера) показал, что в нем содержится SiO<sub>2</sub> 38.51%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 30.68%. Это соотношение почти полностью отвечает составу каолинита.

Прочие нерудные минералы, как например халцедон, карбонаты, гипс, нонтронит, серпентин, пироксен, серицит, биотит, цир-

кон, турмалин, полевой шпат и др., встречаются очень редко в рудах в виде небольших одиночных кластических зерен или небольших скоплений, и существенного значения в строении рудной толщи не имеют.

### Типы руд и их химический состав

При разделении руд на типы, в основу определенного типа руды было положено два признака: 1) текстура руды и 2) минералогический состав.

На основе указанных двух признаков в пределах Ново-Киевского месторождения нами установлены следующие типы руд и их различные разновидности.

I. Бобовые: 1) глинистые конгломератовидные гидрогетитовые, 2) гидрогетит-хлоритовые, 3) гидрогетит-хлоритово-гидраргиллитовые, 4) кварцево-гидрогетит-хлоритовые конгломератовые, 5) турьит-хлоритовые, 6) плотные гидрогетитовые руды.

II. Слоистые.

A. Грубослоистые: 1) плотные гидрогетит-хлоритовые, 2) рыхлые гидрогетит-хлоритовые.

B. Тонкослоистые: 1) плотные гидрогетит-хлоритовые, 2) рыхлые гидрогетит-хлоритовые, 3) корковые гидрогетит-хлоритовые.

III. Охристо-гидрогетитовые и нонтронитовые.

Таким образом выделяются три основных текстурно-минералогических типа руд, среди которых имеются различные минералогические разновидности. Два первых типа руд (бобовые и слоистые) относятся к юрским осадочным образованиям и представляют собственно халиловский тип руд. Третий же тип руды представляет охристую и отчасти нонтронитовую зоны коры выветривания серпентинитов и встречается не на всей площади рудных залежей. Описание отдельных типов руд (по минералогическим разновидностям) дается в порядке расположения их в рудной толще, сверху вниз.

### Бобовые руды

Глинисто-гидрогетитовые конгломератовидные бобовые руды представляют собой сравнительно плотную породу желтоватого или желто-буроватого цвета. Руда состоит из галек каолиновой глины и других пород, гидрогетитовых бобов, неправильных белых включений вторичного гидраргиллита и из желтоватого глинистого и отчасти хлоритово-гидраргиллитового цемента. Размеры галек колеблются от 0.5 до 2—3 см, размеры бобов от 0.1 до 5 мм. Цемент в породе составляет около 50—60% от всей массы, галька и бобы входят, примерно, в одинаковых количествах.

Такой состав породы придает ей конгломератовидный облик и резко выделяет ее среди других рудных слоев. Руда является верхним слоем рудной толщи и встречается не на всей площади рудных залежей. Мощность руд колеблется от 0.5 до 1.5 м.

Гидрогетит-хлоритовые бобовые руды широко распространены в Ново-Киевском месторождении. Они представляют собой крепкую и плотную породу темнубурого цвета с бобовой текстурой. Руды разбиты трещинами отдельностей, по которым часто образуются черные налеты вада и асболана, реже встречаются щеточки мелких коричневых ромбоздров сидерита, иногда замещенного гидрогетитом.

Главными составными частями руды являются гидрогетитовые бобы и хлоритовый цемент. Бобы имеют разные размеры от 0.1 до 5 мм; наибольшее количество бобов состоит из гидрогетита. Они имеют бурую черту различных оттенков, иногда приближающуюся к коричневой; редко встречаются гидрогематитовые бобы с красновато-коричневой или

вишнево-красной чертой. Бобы довольно густо расположены в породе и легко разбиваются при ударе молотком. Цементирующая хлоритовая масса светлорубовато-зеленого цвета содержит обломочки оруденелой древесины (от микроскопических включений до крупных обломков длиной 30—70 см, диаметром 10—18 см) и светлые мелкие пятнышки гидраргиллита.

При микроскопическом изучении этих руд обнаруживается, что бобы весьма разнохарактерны. Одни из них представляют собой округлые—сферические или овальные тельца, сложенные гидрогетитом, реже гидрогематитом, непрозрачные, либо совершенно однородные, либо с оранжево-бурой и оранжево-красной гидрогетитовой оболочкой. Они часто пористы и трещиноваты; по трещинкам и пустотам выделяются кристаллический гидрогетит, гидраргиллит и хлорит. Такие бобы находятся в преобладающем количестве. Другие (их значительно меньше) при микроскопическом изучении обнаруживают концентрически скорлуповатую структуру с двумя-тремя концентриками; они сложены обычно гидрогетитом коричневатого-оранжево-бурого цвета, анизотропны и представляют по существу гидрогетитовые оолиты. Некоторые особенности в структуре (мелкая чешуйчатость) позволяют предполагать их образование за счет хлоритовых оолитов. Третьи при микроскопическом изучении оказываются ничем иным как песчинками хромшпинелидов разной величины — от десятых долей миллиметра до 1—5 мм. Форма большей частью угловатая, иногда правильная в виде гексагональных зерен. Хромшпинелиды иногда совершенно свежи, без следов изменения, чаще же по трещинам происходит замещение хлоритом и гидрогетитом. Иногда гидрогетит облекает песчинки хромшпинелидов и такая песчинка при наблюдении невооруженным глазом ничем не отличается от бобов первого типа. В некоторых участках количество таких песчинок настолько велико, что руду следовало бы называть хромитово-песчанистой, но вследствие весьма незначительного распространения этих участков мы такой тип руды не выделяем. Цементирующая масса местами слагается исключительно хлоритами, довольно часто крупночешуйчатыми, сильно плеохроичными, с прекрасно развитой спайностью. Кроме того имеются участки цемента, сложенные микрочешуйчатым хлоритом и затем смесью хлорита и гидрогетита; последний явно замещает хлорит, часто слагая крупные участки цемента. В качестве незначительной примеси присутствует гидраргиллит, иногда зернышки кварца.

Гидрогетит-хлорит-гидраргиллитовые бобовые руды. Распространены нешироко, отличаются серовато-бурым цветом цемента, меньшим удельным весом. Бобы в их составе как крепкие гидрогематитовые (с коричневой чертой), так и рыхлые гидрогетитовые. Микроскопическая картина та же, что и в первой разновидности, с той разницей, что весьма значительную долю цемента слагает гидраргиллит в чешуйчатых агрегатах, имеющих форму неправильных скоплений. Часты тонкие прожилки его в хлоритово-гидрогетитовой массе, иногда в бобах. Под микроскопом мы видим бобовую руду с темными непрозрачными гидрогематитовыми бобами и чешуйчатым хлоритогидраргиллитовым цементом.

Аксессуарными минералами в цементе являются хлорит, хромшпинелиды и песчинки кварца. Химические анализы этой разновидности руды показывают повышенное содержание глинозема.

Кварцево-гидрогетит-хлоритовые конгломератовые бобовые руды представляют собой обычные гидрогетит-хлоритовые или гидрогетит-гидраргиллитовые руды, содержащие песчинки и гальки кварца, большей частью округлой или округло-угловатой формы. Под микроскопом видно, что часть песчинок совершенно свежая, часть сильно ожелезнена, покрыта с поверхности и пронизана по трещинкам гидрогетитом. Иногда ожелезнение заходит настолько далеко, что среди

гидрогетитовой массы, заместившей кварц, мы видим разобщенные, но одновременно угасающие зернышки неправильной формы — остатки от замещения одного большого зерна кварца. Химические анализы этих руд дают повышенное содержание  $\text{SiO}_2$ . Эта разновидность руды встречается главным образом в периферических частях рудных залежей, где рудная толща фашиально замещается галечниками и кварцево-железистыми конгломератами.

Турьитовые бобовые руды представляют собой красновато-коричневую крепкую и плотную, тяжеловесную породу, имеющую в обнажении крупноглыбовой, реже стеновой характер. Они пронизываются прожилками, иногда вертикального направления, мощностью 0,5—1,0 мм темнокоричневого матового маловодного гидрогетита. Бобы расположены редко в основной массе, сложенной красновато-коричневым турьитом с макроскопически заметными зернышками кварца. Они имеют размер 3—5 мм, редко больше, не всегда правильную форму, черно-коричневый цвет, матовый и слабый металлический блеск, цвет черты коричневый и бурый, и сложены главным образом гидрогетитом, реже гидрогематитом. Кроме бобов часто наблюдаются угловато-окатанные гальки гидрогетита. Под микроскопом, кроме макроскопически различных компонентов (гидрогетита, гидрогематита, кварца), мы видим в довольно большом количестве гидраргиллит в виде тонких прожилков в цементирующей массе и в бобах, часто сильно пористых и трещиноватых; в небольшом количестве хлорит ожелезненный, побуревший, лишь изредка сохраняющий зеленоватый цвет. Часто встречаются угловатые зерна хромшпинелида. Химические анализы этих руд показывают большое содержание железа ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  до 70%) и хрома ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$  до 4%). Эти руды встречаются, главным образом, на северной залежи и образуют отдельные участки среди обычных гидрогетит-хлоритовых бобовых руд.

Плотные гидрогетитовые бобовые руды образуют среди слоя бобовых руд северной залежи отдельный пропласток (плиту) мощностью от 0,2 до 0,4 м, приуроченный к западной половине северной залежи. На южной залежи эти руды встречаются редко и образуют здесь отдельные небольшие линзы. Руды представляют собой очень плотную, сливную, темную породу с большим удельным весом (до 3,8).

Образование рассматриваемых руд произошло после отложения и отвердения рудной толщи во время циркуляции и осаждения гидроокислов железа, которые вытеснили и заместили хлорит из цемента бобовых руд. Во время этих процессов в значительной степени были изменены гидрогетитовые бобы и лишь в некоторых случаях они сохранили среди плотной гидрогетитовой породы свои округлые очертания. Микроскопические наблюдения показывают, что преобладающее значение в составе руды имеет гидрогетит и лишь в незначительном количестве встречаются небольшие участки сильно ожелезненного хлорита и очень редко зерна кварца, хромшпинелидов и магнетита. Гидрогетит имеет криптокристаллическое, а иногда волокнистое строение и нередко образует типичные натечные формы. Он действует на поляризованный свет, но нередко среди этой массы встречаются изотропные участки, которые принадлежат эренвертиту. Эти руды содержат иногда в своем составе до 75—80%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , что приближает их к мономинеральной руде.

### Грубослоистые руды

Плотные гидрогетит-хлоритовые грубослоистые руды представляют собой плотную криптокристаллическую породу большей частью темно- и серо-зеленого или желтоватого цвета с пятнышками ржаво-бурого гидрогетита. В обнажениях имеют крупноглы-

бовый характер, часто трещиноваты и по трещинам покрыты черными корочками и налетами вада и асболана. Под микроскопом они при общем зеленовато-буrom тоне имеют пеструю окраску: одни участки зеленовато-серые, микрочешуйчатые слагаются анизотропным глинистым веществом; другие участки слагаются крупночешуйчатым (величина чешуйки 0.08—0.05 мм), чрезвычайно сильно плеохроичным хлоритом с прекрасно развитой спайностью, часто с идеально правильными гексагональными формами чешуек, с высокой интерференционной окраской. Местами хлорит приобретает бурый цвет; тогда при сильном увеличении видно, что побурение связано с появлением в хлорите сгустков-пленок эренвертита. Кроме того имеется анизотропный гидрогетит в виде зерен медово-желтого или оранжево-желтого цвета с трещинками отдельности и высоким рельефом. В качестве довольно часто встречающихся минералов следует указать на гидрагиллит как в виде тончайших прожилочков по микроскопическим трещинам, так и в виде округлых агрегатных форм и отдельных чешуек, а также на хромшпинелиды в виде угловатых кластических зерен. Эта разновидность руды слагает большую часть слоя грубослоистых руд.

Рыхлые гидрогетит-хлоритовые грубослоистые руды встречаются реже, чем предыдущая разновидность руды и образуют в последней отдельные небольшие участки и линзы. Эти руды имеют светлобурый, желтоватый, реже коричнево-бурый цвет; сильно пачкают руки при прикосновении, микропористы, сильно липнут к языку, легковесны, иногда имеют чешуйчатое строение. Нужно отметить, что эти руды, несмотря на их неплотное сложение, все же при разработке в забое не образуют большого количества пылевидной мелочи. При микроскопическом изучении выявляется, что в руде содержатся сгустки светлобурого цвета концентрически-скорлуповатого сложения с центрами, в разной степени интенсивно окрашенными. При скрещенных николях обнаруживают анизотропию, высокое двулучепреломление, крестообразное погасание. Показатель преломления  $N_m$  превышает величину 1.785, из чего и можно заключить, что описываемые сгустки вероятно сложены гидрогетитом. Форма сгустков большей частью овальная, но иногда сильно вытянута и сплющена. Местами вместо этих оолитов наблюдаются неправильной формы сгустки анизотропного гидрогетита с параболическим или перистым угасанием. Основная гидрогетитовая масса руды имеет бурый цвет и отличается двойным строением. В первом случае она светлобурая, однородная по окраске и строению, при скрещенных николях в различных участках ведет себя неодинаково — местами микрочешуйчатая, со слабо проявленной анизотропией, а иногда представляет собой крупные равномерно освещенные участки с веерообразным угасанием. Во втором случае мы в проходящем свете видим участки коричневато-серовато-бурого цвета микрочешуйчатого сложения, почти не поляризующие, в которых, в виде кусков большей частью округлой формы, содержится гидрогетит. В качестве распространенной примеси следует отметить крупночешуйчатые агрегаты хлорита, бесцветные агрегаты гидрагиллита, угловатые зерна хромшпинелидов и тонкие прожилки магнетита.

### Тонкослоистые руды

Плотные гидрогетит-хлоритовые тонкослоистые руды слагают главную массу слоя, в котором другие разновидности тонкослоистых руд (рыхлые и корковые) имеют подчиненное значение.

Плотные руды довольно крепкие и тяжеловесные, темнозеленого цвета, криптокристаллические, обычно с хорошо выраженной слоистой текстурой, причем чередуются прослойки зеленого цвета с несколько варьирующими оттенками, коричневые, бурые (последних значительно

меньше). В обнажении имеют или стеновой характер или крупноглыбовой. Под микроскопом слоистая текстура весьма хорошо проявлена, толщина отдельных прослоек не превышает 0.03 мм. Они иногда горизонтальны, но нередко образуют мягко-волнистые линии. Местами, как видно под микроскопом, слоистая текстура исчезает, и мы видим однородную чешуйчатую массу. Переход от слоистых участков к неслоистым происходит быстро, на коротком расстоянии прослойки дробятся, пересекаются, материал, их слагающий, перемешивается и дает неслоистую массу. В состав руды входят хлорит типа тюрингита и гидрогетит. Хлорит представлен несколькими разновидностями. В одних участках он в правильных пластинчатых формах, с совершенной спайностью, в других — в виде мелкочешуйчатого агрегата без четких ограничений чешуек, в третьих он едва раскристаллизованный, со слабо проявленной анизотропией. Цвет зеленовато-бурый, сильный плеохроизм. Хлорит преобладает в составе руды, слагаая около 60—70%, представлен двумя разновидностями: 1) коричнево-бурый, микрочешуйчатый, с очень слабо проявленной анизотропией, входящий в состав прослоек, в большинстве случаев замещает хлорит и 2) оранжево- и медово-желтый, с сильным двойным лучепреломлением, в виде зерен угловато-округлой формы, возможно обломочного характера. В качестве незначительных примесей присутствует магнетит, в виде тончайших пропласточков по слоистости, и хромшпинелиды, в виде угловатых зерен.

Рыхлые гидрогетит-хлоритовые тонкослоистые руды имеют небольшое распространение на месторождении и встречаются главным образом там, где рудная толща опущена в карстовые воронки и углубления. Эти руды светложелтовато-бурого цвета, иногда коричневатые или зеленоватые, микропористые, сильно липнут к языку, легковесные, некрепкие. Часто в обнажении они имеют связный, плотный вид, но при легком ударе молотком рассыпаются на отдельные куски. Обычно же и в выходах представляют собой разборную руду. Под микроскопом слоистая текстура видна вполне ясно. Иногда руда содержит плохо развитые оолиты величиной 0.1—0.2 мм, составляющие 7—10% от основной массы породы. Они имеют концентрически скорлуповатое строение с очень небольшим количеством концентров, сложенных поочередно грязнозелено-бурым хлоритом и бурым гидрогетитом. И тот и другой изотропны. Концентры гидрогетита неправильны по форме и, возможно, являются продуктом обохривания хлоритов. В составе слоистой части принимают участие главным образом микрочешуйчатый со слабо проявленной анизотропией гидрогетит и желто-бурый анизотропный хлорит с довольно сильным двулучепреломлением и аномальной зеленовато-бурой интерференционной окраской.

В незначительном количестве присутствуют хлорит в виде зеленовато-серых чешуек неправильной формы и магнетит в виде мелких неправильных включений и тонких прожилков, расположенных часто под углом к слоистости. По отношению к основной массе оолиты и включения чешуек зеленовато-серого хлорита, по видимому сингенетичны, так как тонкие прослойки иногда обтекают их. Довольно часто встречаются угловатые зерна хромшпинелидов. По трещинкам развиты черно-голубоватые и темносеро-серебристые налеты асболаана и вада.

Корковые гидрогетит-хлоритовые руды составляют нижний горизонт тонкослоистых руд, покрывая выходы карбонатизированных серпентинитов. Они представлены двумя разновидностями:

а) Темнокоричневатые или железо-черные корковые руды, преимущественно состоящие из гидрогетита со значительным количеством марганцовистых налетов по трещинкам и плоскостям окорковывания. Они довольно крепкие, но разборные. Под микроскопом тонкослоистая текстура выступает вполне резко. Руда почти целиком сложена оранжево-коричневым маловодным гидрогетитом с весьма сильным двулу-

чепреломлением. Среди преобладающей массы гидрогетита выделяются мелкие участки хлорита и хризотила. В значительном количестве присутствуют хромшпинелиды и магнетит.

б) Гидрогетит-хлоритовые корковые руды, почти не отличающиеся по составу от вышеописанных, но обладающие большей легковесностью. В обнажении мелкоплитчаты и легко разделяются на тоненькие пластинки по плоскостям, параллельным поверхности серпентинитов.

### О христые гидрогетитовые и нонтронитовые руды

Эти руды образуют две разновидности: желтовато-бурую охристо-гидрогетитовую и зеленоватую нонтронитовую.

Охристые гидрогетитовые руды представляют собой сыпучую охристую массу желтовато-бурого, а иногда черного цвета. Эти руды состоят в основном из охры гидрогетита и кварца с незначительной примесью нонтронита, хлорита, хромшпинелида, магнетита и карбонатов. В контакте этих руд с окремнелыми серпентинитами образуются иногда прослой и линзы рыхлых, легковесных, сильно пористых черных марганцовистых руд. В составе этих руд главную роль играют вад и гидрогетит.

Среди охристых руд часто встречаются глыбы и линзы крепких силицифицированных и ожелезненных серпентинитов и кварцевые прожилки, образующие иногда сетчатые устойчивые участки среди сыпучей охристой массы.

Нонтронитовые руды встречаются на месторождении реже, чем охристые гидрогетитовые, они сохранились в некоторых углублениях серпентинитов, с которыми они связаны постепенными переходами.

Эти руды представляют собой довольно рыхлую, часто сыпучую чешуйчатую массу травяно-зеленого или буровато-зеленого цвета. В состав этих руд входят нонтронит, гидрогетит, хлорит, карбонаты, хромшпинелиды, магнетит, вад и кварц. Анализы этих руд показывают низкое содержание железа (18—22%  $Fe_2O_3$ ) и повышенное содержание никеля (от 1 до 2%).

Подводя итоги описанию руд, необходимо сказать, что такое мелкое деление руд на минералогические разновидности в пределах каждого типа было сделано для удобства более полного их описания.

Для некоторых разновидностей руд были сделаны штучные химические анализы. Они приводятся нами ниже при химической характеристике текстурно-минералогических типов (но не разновидностей) руд.

### Химический состав руд

По химическому составу ново-киевские руды представляют собой довольно сложный комплекс. В их состав входят следующие элементы: железо, никель, хром, кобальт, марганец, титан, ванадий, медь, алюминий, кремний, кальций, магний, калий, натрий, сера, фосфор, мышьяк, углерод и вода. Спектральным анализом обнаружено присутствие в рудах галлия. Этим же анализом не были обнаружены Be, Au, Sb, Pt, Ge, In, W, Mo, Pb, Bi, Zn, Ag, Sr, Zr, Cd и Sn. Другие элементы в рудах не определялись.

Ниже мы приводим таблицы химических анализов руд различных типов. В эти таблицы помещены анализы бороздовых и штучных проб. Штучные пробы были взяты в 1936 г. с обеих залежей главным образом для бобовых и слоистых руд. Химический состав глиноземистых и охристых руд, вследствие их небольшой распространенности на месторождении, был освещен лишь несколькими анализами штучных проб.

В 1938 г. для возможно полного обоснования выделенных ранее типов руд нами было произведено бороздовое опробование железоруд-

ной толщи на северной залежи. Каждый тип характеризуется 3—4 средними пробами, которые были взяты из разных мест рудной толщи.

Бороздовое опробование подтвердило сделанный ранее вывод о том, что содержание никеля значительно увеличивается в нижних горизонтах рудной толщи; хром почти равномерно расположен по всем типам руд; количество железа также с глубиной несколько увеличивается.

Таблицы химических анализов различных типов руд (табл. 13—16) даются нами в той последовательности, в какой эти руды располагаются в рудной толще, следуя сверху вниз.

Из табл. 13 видно, что глиноземистые руды содержат пониженное количество железа и никеля, почти обычное для всех типов руд количество хрома и повышенное количество глинозема и кремнезема.

При рассмотрении табл. 14 бросается в глаза повышенное содержание железа в отдельных штучных анализах (до 55,58%) и среднее по ним (46,71%), в сравнении с бороздовыми пробами (39,40%). Это объясняется тем, что штучы для анализа всегда даются наиболее чистые, т. е. свободные от примесей галек и глинистых скоплений, тогда как в бороздовую пробу попадают все эти включения. Кроме того многие штучные анализы (9, 13, 16, 17, 18) взяты из плотных гидрогетитовых руд или из гидрогетитовых прожилков, которые свободны от посторонних примесей. Бороздовые пробы захватывают эти руды совместно с другими рудами, содержащими нерудные включения и вследствие этого получается разубоживание пробы в части железа, но среднее содержание его (и других металлов) отражается этими пробами более точно. Поэтому правильнее будет ориентироваться на результаты бороздовых проб.

Химические анализы показывают, что бобовые руды содержат около 40% железа, нормальное количество хрома, немного никеля и почти равные количества глинозема и кремнезема, причем два последних компонента содержатся в количестве, почти в два раза меньше, чем в глиноземистых рудах.

Табл. 15 анализов слоистых руд разбита на три раздела в виду того, что штучные пробы были взяты отдельно для грубослоистых и тонкослоистых руд, бороздовые же пробы брались совместно для тех и других, чтобы выяснить среднее содержание железа, хрома и никеля для всего структурно-минералогического типа в целом. Из анализов видно, что слоистые руды в сравнении с другими содержат повышенное количество никеля и железа и почти такое же количество хрома. Наибольшей концентрации достигает никель в тонкослоистых рудах, грубослоистые же руды значительно беднее им. Если сравнить анализы бороздовых проб со средним арифметическим штучным проб по грубо- и тонкослоистым рудам, то получается, почти полное совпадение в содержании никеля и железа, хрома же по бороздовым пробам значительно больше, чем в среднем по штучным. Это объясняется тем, что в пробе 8 содержание хрома оказалось очень высоким (3,61%) в сравнении со всеми другими анализами для слоистых и других осадочных руд.

Если же выбросить пробу 8 с аномальным содержанием хрома, то среднее содержание хрома по всем штучным пробам будет приближаться к таковому по бороздовым пробам.

Тонкослоистые руды вследствие высокого содержания в них никеля следовало бы выделять в самостоятельный тип, но добычу этих руд практически осуществить будет трудно, так как они связаны с грубослоистыми рудами постепенными переходами и иногда их трудно в забое отличить от последних. Кроме того, эти руды имеют небольшую мощность. Поэтому их целесообразнее при добыче объединять с грубослоистыми рудами, которые сходны с ними по текстуре, минералогическому и отчасти по химическому составу.

## Химический состав глиноземистых конгломератовидных бобо

№ пробы и образ- ца	Р у д а	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO
Пробы Пр.5	Глинистая бобовая руда . . . . .	19.42	0.87	16.53	40.41	2.81	0.30	0.19
Пр. 6	Глинистая руда . . . .	17.74	2.81	21.92	30.55	2.16	2.85	0.09
Пр. 11	Глинистая бобовая руда . . . . .	16.32	1.00	15.61	47.78	2.12	0.34	0.04
	Среднее по бороз- довым пробам . . . .	17.82	1.56	18.02	39.91	2.36	1.18	0.10
Образцы 1—1—4а	Гидрогетит-гидраргил- литовая руда . . . . .	16.13	0.33	20.19	37.64	3.27	0.81	0.09
0—2—6	То же . . . . .	16.17	0.16	25.43	32.78	1.05	0.18	0.17
0—8—10	Гидрогетит-глинистая руда . . . . .	18.26	0.87	16.66	41.90	3.76	—	0.15
	Среднее по штучным пробам . . . . .	16.85	0.45	20.76	37.44	2.69	0.49	0.13
	Среднее по бороздовым и штучным пробам	17.33	1.00	19.39	38.67	2.51	0.83	0.11

Анализы произведены в лаборатории ИГН АН СССР.

Вых руд Ново-Киевского месторождения (в %); 1936—1939 гг.

MgO	CaO	NiO	CoO	S	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O	Сумма	Fe	Cr	Ni	Cr:Ni
1.64	1.46	0.24	0.00	0.01	0.20	16.56	100.64	28.51	1.91	1.19	—
1.65	1.71	0.16	0.01	0.04	0.26	16.98	98.93	23.61	1.47	1.12	—
1.51	1.19	0.13	0.00	0.02	0.46	14.50	101.02	33.71	1.44	0.10	—
1.60	1.45	0.17	0.01	0.02	0.30	16.01	100.51	28.61	1.60	0.13	12.3
1.63	0.53	0.37	0.07	0.06	0.43	влага 3.38	—	26.98	2.22	0.29	—
1.15	0.61	0.09	не обн.	0.07	0.03	22.03	99.92	23.86	0.71	0.07	—
—	—	0.49	0.03	—	0.54	—	—	29.33	2.56	0.38	—
1.39	0.57	0.31	0.05	0.06	0.50	—	—	26.73	1.83	0.24	7.6
1.49	1.01	0.24	0.03	0.04	0.40	—	—	27.71	1.71	0.18	9.05

№ пп.	№ пробы и образца	Руда	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO
1	Пробы Пр. 1	Бобовая руда с белыми налетами . . .	14.44	0.83	13.94	54.45	2.29	0.19	0.20
2	Пр. 7	Бобовая руда со сплошной гидрогетитовой плитой . . .	11.76	1.24	6.47	58.25	2.12	0.76	0.35
3	Пр. 10	Руда бобовая плотная . . . . .	8.48	1.46	11.16	58.89	2.25	2.08	0.16
4	Пр. 13	Руда бобовая с прожилками гидрогетита . . . . .	12.00	2.24	14.06	49.6	2.61	0.52	0.40
		Среднее по бороздовым пробам . . . . .	11.67	1.44	11.40	55.31	2.31	0.88	0.28
	Образцы								
5	К 1—4	Бобовая руда . . . . .	6.66	—	10.09	49.20	6.11	0.43	0.23
6	К 1—115	Бобовая руда турьитовая . . . . .	6.08	—	6.05	69.87	3.75	0.51	0.10
7	К 1—113	Руда бобовая с редкими бобами . . . . .	10.92	—	9.27	56.89	3.27	0.50	0.37
8	К 2—5	Руда бобовая турьитовая . . . . .	—	—	4.20	69.20	3.68	0.97	0.21
9	П 1—3	Руда бобовая с корочками гидрогетита . . . . .	3.58	следы	3.39	78.34	0.67	не обн.	0.39
10	П 1—2	Бобовая руда с большой концентрацией бобов . . . . .	13.28	0.87	5.35	67.81	1.65	0.28	0.22
11	П 2—4	Руда бобовая с хлоритом . . . . .	9.70	0.87	11.83	57.55	3.47	0.38	0.11
12	П 2—2	Бобовая руда с крупными бобами . . . . .	9.62	1.02	9.90	65.35	2.56	0.20	0.19
13	П 3—6	Бобовая руда с прожилками гидрогетита . . . . .	5.50	0.40	3.40	76.60	2.93	0.39	0.25
14	0—8—9	Бобовая руда гидрогетитовая . . . . .	5.24	0.42	4.01	77.79	2.17	—	0.29
15	0—9—3	Бобовая руда глинисто-песчаная . . . . .	10.06	0.75	8.88	64.89	2.65	0.23	0.16
16	0—9—4	Плотная гидрогетитовая руда . . . . .	4.38	0.04	1.71	79.34	0.40	0.05	1.75
17	К 1—3	То же . . . . .	6.67	—	5.17	63.90	4.63	0.01	0.19
18	К 2—2	То же . . . . .	—	—	5.93	64.79	1.13	2.42	0.35
19	1—1—2	Бобовая руда . . . . .	11.91	0.63	10.83	57.39	4.02	0.77	0.07
20	1—1—4	Плотная гидрогетитовая руда . . . . .	8.32	0.13	10.24	60.50	3.95	1.21	1.20
		Среднее по штучным пробам . . . . .	8.00	0.51	6.89	66.09	2.94	0.67	0.38
		Среднее по бороздовым и штучным пробам . . . . .	9.83	0.97	9.14	60.70	2.62	0.77	0.33

Анализ произведен в лаборатории ИГН АН СССР.

ского месторождения (в %); 1936—1939 гг.

MgO	CaO	NiO	CoO	S	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O	Сумма	Fe	Cr	Ni	Cr: Ni
1.38	0.97	0.28	0.01	0.03	0.43	11.04	100.48	38.26	1.56	0.22	—
2.44	1.10	0.30	0.05	следы	0.27	15.30	100.41	41.36	1.44	0.23	—
1.59	1.70	0.10	0.01	0.03	0.29	12.14	100.34	42.84	1.53	0.08	—
1.53	2.10	0.16	0.02	0.06	0.37	15.22	100.96	35.17	1.77	0.12	—
1.73	1.47	0.21	0.02	0.04	0.34	13.42	100.52	39.40	1.57	0.14	11.2
—	—	0.50	0.06	0.05	0.32	—	—	34.76	4.15	0.39	—
0.77	0.36	0.10	0.01	—	0.44	11.51	99.55	49.31	2.55	0.08	—
1.33	0.30	0.60	0.02	—	0.48	16.36	100.31	40.22	2.22	0.47	—
—	—	0.10	0.01	0.14	0.11	—	—	49.20	3.10	0.08	—
0.85	1.14	—	—	0.05	0.55	—	—	54.84	0.45	—	—
0.64	0.58	0.34	0.026	не обн.	0.36	влага 1.30	—	47.68	1.12	0.25	—
1.62	0.64	1.00	0.06	не обн.	0.75	влага 2.98	—	40.58	2.37	0.78	—
1.59	1.20	0.80	0.13	—	0.38	влага 2.20	—	44.50	1.74	0.62	—
0.91	0.28	0.13	0.11	0.04	0.56	влага 1.45	—	53.92	1.99	1.10	—
—	—	0.30	0.07	—	0.54	—	—	54.45	1.47	0.23	—
0.93	0.19	0.40	0.039	0.03	0.49	влага 1.34	—	45.48	1.80	0.31	—
0.14	0.17	0.10	0.039	0.02	0.48	влага 1.29	—	55.58	0.27	0.08	—
1.13	0.30	0.60	0.07	0.02	0.09	15.66	98.44	45.52	3.15	0.47	—
—	—	0.50	0.06	0.04	0.41	влага	—	47.24	0.77	0.39	—
0.57	0.25	0.10	0.05	0.04	0.45	1.97	—	43.77	2.73	0.08	—
1.65	0.24	0.20	0.28	0.05	0.16	влага 2.78	—	43.29	2.69	0.16	—
1.01	0.47	0.38	0.08	0.047	0.41	—	—	46.71	2.04	0.22	9.3
1.37	0.97	0.29	0.05	0.043	0.37	—	—	43.05	1.80	0.18	10.0

## Химический состав слонстых руд Ново-

№ пробы и образ- ца	Р у д а	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO
Пробы Пр. 2	Слоистые руды (грубо- и тонкослоистые руды вместе) . . . . .	5.83	следы	7.44	68.81	3.08	0.23	0.38
Пр. 8	Тонкослоистая и грубо-слоистая руда . . . . .	8.43	0.25	6.03	61.95	5.31	0.37	0.47
Пр. 12	Слоистая руда с черными марганцовистыми образованиями . . . . .	14.03	1.68	6.46	53.78	2.38	0.94	0.52
	Среднее по бороздовым пробам . . . . .	9.33	0.62	6.63	61.51	3.59	0.51	0.46
Образцы 0—3—7	Грубослоистые руды Грубослоистая гидрогетит-хлоритовая руда . . . . .	16.28	0.08	11.92	52.26	2.93	0.73	0.18
К 1—2	Грубослоистая рыхлая хлоритовая руда . . . . .	6.82	—	6.75	59.77	3.33	0.37	0.30
К 1—112	Грубослоистая хлоритовая руда . . . . .	15.06	—	10.51	49.71	2.71	2.00	0.64
К 2—4	То же . . . . .	—	—	7.51	56.84	2.76	0.26	0.34
К 2—3	„ „ . . . . .	—	—	7.69	54.72	1.37	0.22	1.10
	Среднее по штучным пробам . . . . .	12.72	0.08	8.87	55.26	2.60	0.71	1.51
Образцы 0—2—9	Тонкослоистые руды Тонкослоистая гидрогетит-хлоритовая руда . . . . .	12.88	0.08	8.35	55.40	3.21	2.01	0.64
0—2—8	Тонкослоистая гидрогетитовая руда . . . . .	9.81	0.06	3.57	65.87	1.95	0.01	0.79
0—2—5	Тонкослоистая гидрогетит-хлоритовая руда . . . . .	3.67	0.01	9.62	73.67	1.53	1.02	0.77
0—7—6	Тонкослоистая рыхлая гидрогетитовая руда . . . . .	13.47	следы	2.25	62.93	2.65	—	0.82
0—9—5	Тонкослоистая гидрогетит-хлоритовая руда . . . . .	11.10	0.01	4.40	57.90	2.40	0.15	0.78
К 1—46	Тонкослоистая рыхлая хлоритовая руда . . . . .	16.58	—	7.44	52.17	0.92	3.28	0.17
К 1—111	Тонкослоистая хлоритовая руда . . . . .	6.78	—	4.92	66.59	2.89	0.38	0.67
К 1—110	Тонкослоистая рыхлая хлоритовая руда . . . . .	5.78	—	4.54	67.39	2.49	следы	1.34

## Киевского месторождения (в %); 1936—1939 гг.

MgO	CaO	NiO	CoO	S	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O	Сумма	Fe	Cr	Ni	Cr:Ni
1.69	1.03	1.10	0.10	следы	0.30	10.76	100.75	48.35	2.09	0.86	—
1.67	1.44	0.78	0.08	0.03	0.47	13.56	100.84	43.65	3.61	0.61	—
1.50	2.01	0.82	0.07	0.005	0.36	16.26	100.81	38.37	1.61	0.64	—
1.62	1.49	0.90	0.08	0.018	0.37	13.52	100.64	43.45	2.63	0.70	3.75
1.28	0.46	0.66	0.07	0.04	0.12	13.38	100.39	39.95	1.99	0.51	—
0.92	0.42	0.84	0.06	0.03	0.42	19.22	99.25	42.12	2.26	0.65	—
1.58	0.40	0.68	0.14	—	0.33	17.27	101.03	36.35	1.84	0.53	—
—	—	0.44	0.03	0.08	0.51	—	—	39.98	1.88	0.34	—
—	—	0.68	0.05	0.08	0.41	—	—	38.47	1.93	0.58	—
1.26	0.42	0.66	1.07	0.05	0.36	16.63	—	39.37	1.71	0.51	3.35
1.52	0.76	1.06	0.12	0.06	0.11	14.75	100.95	40.35	2.18	0.83	—
1.66	0.71	0.60	0.09	0.05	0.14	15.01	100.32	46.12	1.33	0.47	—
—	0.72	2.41	0.17	0.06	0.06	8.16	101.87	52.36	1.04	0.88	—
—	—	1.47	0.09	—	0.40	—	—	44.05	1.80	1.15	—
2.89	4.48	2.41	0.05	0.02	0.52	—	—	40.65	1.62	1.88	—
3.05	0.34	1.41	0.05	—	0.21	15.45	101.07	39.05	0.62	1.10	—
1.04	0.36	0.76	0.18	—	0.29	13.61	—	46.91	1.96	0.14	—
1.26	0.26	1.52	0.19	—	0.27	14.08	99.12	47.17	1.69	1.18	—

№ пробы и образца	Руда	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO
К 1—109	Тонкослоистая руда с красной охрой . . . .	6.92	—	5.49	66.62	3.45	следы	0.89
К 2—1	Тонкослоистая рыхлая гидрогетит-хлоритовая руда . . . . .	—	—	9.02	53.72	1.53	0.89	1.15
К 2—10	Тонкослоистая рыхлая хлоритовая руда . .	9.37	0.04	0.43	66.06	2.32	0.21	2.81
П 1—1	Тонкослоистая руда . .	5.77	0.08	2.45	77.13	1.22	не обн.	1.10
П 2—1	То же . . . . .	3.72	1.11	4.63	73.39	2.40	„	0.34
П 3—1	„ „ . . . . .	11.25	0.01	4.04	66.86	2.33	2.83	0.33
П 3—3	Тонкослоистая рыхлая хлоритовая руда . .	5.07	0.02	2.59	77.60	1.35	1.62	0.48
П 3—4	Тонкослоистая гидрогетит-хлоритовая руда .	21.28	0.25	14.69	44.66	0.83	0.09	0.14
П 4—5	То же . . . . .	4.66	следы	4.98	73.70	1.45	0.47	0.20
	Среднее по штучным пробам . . . . .	8.63	0.07	5.49	64.80	2.05	1.08	0.79
	Среднее по штучным пробам грубо- и тонкослоистых руд .	10.67	0.07	7.18	60.03	2.32	0.89	0.65
	Среднее по бороздовым и штучным пробам слоистых руд (тонко- и грубослоистых вместе) . . . . .	10.00	0.34	6.06	60.77	2.95	0.70	0.55

Анализы произведены в лаборатории ИГН АН СССР.

Из табл. 16 видно, что охристые руды, в отличие от всех других руд, характеризуются непостоянством своего химического состава. Так, например, железо колеблется от 15.67 до 53%, никель от 0.10 до 1.66%, хром от 0.40 до 3.03%, кремнезем от 5 до 40.88%. В то же время эти руды содержат значительно меньше железа (34.72%), чем бобовые и слоистые руды, и такое же количество хрома (1.59%), как эти последние, но сравнительно много никеля (1.21% по бороздовым и среднее по всем пробам 0.85%).

По содержанию никеля они приближаются к слоистым рудам, но отличаются от последних пониженным содержанием железа и повышенным кремнезема.

### Распределение отдельных элементов в рудной толще

Химические элементы, входящие в состав рудной толщи, распределены в ней неравномерно. Эта неравномерность наблюдается главным образом в вертикальном направлении. Различные металлы или группы металлов достигают наибольшей концентрации лишь в определенных слоях рудной толщи.

MgO	CaO	NiO	CoO	S	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O	Сумма	Fe	Cr	Ni	Cr:Ni
1.20	0.36	0.37	0.14	—	0.40	13.89	99.73	46.63	2.35	0.76	—
—	—	0.68	0.66	0.04	0.32	—	—	38.29	1.04	0.53	—
1.57	0.58	1.93	0.28	0.04	0.19	15.05	100.88	46.40	1.58	1.09	—
1.74	0.82	0.36	0.10	не обн.	0.36	влага 1.16	—	53.99	0.83	0.28	—
1.38	0.58	0.30	0.05	0.10	0.59	влага 1.57	—	51.37	1.63	0.23	—
3.07	0.26	1.17	0.08	0.04	0.26	влага 1.62	—	49.00	1.58	0.91	—
1.26	0.13	0.36	0.23	0.03	0.46	влага 0.67	—	55.58	0.92	0.28	—
2.13	1.34	1.08	0.05	не обн.	0.59	влага 3.64	—	31.33	0.56	0.84	—
1.65	0.84	1.78	0.16	необн.	0.57	1.74	—	51.96	0.99	1.39	—
1.81	0.87	1.16	0.16	0.05	0.34	—	—	45.95	1.40	0.88	1.59
1.53	0.64	0.91	0.11	0.05	0.35	—	—	42.66	1.55	0.69	2.25
1.57	1.06	0.90	0.09	0.034	0.36	—	—	42.92	1.90	0.67	2.83

В горизонтальном же направлении в пределах каждого слоя руд мы не наблюдаем резких колебаний в содержании различных элементов: оно более или менее постоянно.

Все те колебания в содержании элементов, которые наблюдаются в вертикальном разрезе рудной толщи, подчинены определенной закономерности.

Эта закономерность обусловлена, во-первых, условиями образования рудной толщи, когда последовательно отлагались различные слои руд с преобладанием тех или других минералогических ассоциаций, с которыми связаны различные элементы; во-вторых, позднейшей миграцией элементов в рудной толще под действием циркулирующих вод и, в-третьих, геохимическим родством (близостью радиусов ионов, валентностью и пр.) отдельных элементов.

Если мы обратимся к колонке рудной толщи, то будем наблюдать следующую картину.

Глинистые конгломератовидные бобовые руды, слагающие верхний горизонт рудной толщи, обогащены глиноземом, кремнеземом, водой и отчасти фосфором, но они бедны железом, никелем, кобальтом и марганцем. В бобовых же рудах содержание железа, никеля, кобальта

№ пробы и образ- ца	Р у д а	Химический состав						
		SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO
Пр. 3	Охристая руда . . . . .	22.33	следы	5.14	55.26	3.51	0.37	1.57
Пр. 9	" " . . . . .	40.88	"	2.67	33.17	1.39	0.19	0.25
Пр. 14	" " . . . . .	14.87	"	3.97	62.00	1.84	0.19	1.80
Пр. 4	Охристая черная рыхлая руда . . . . .	5.04	0.00	5.00	73.21	4.46	2.25	1.33
	Среднее по бороздовым пробам . . . . .	20.78	следы	4.19	56.91	2.80	0.75	1.27
0—3—4	Охристая руда . . . . .	28.48	0.04	2.24	54.11	3.64	0.18	0.42
П 4—6	Обохренный и окремнен- ный серпентинит . . . . .	37.00	0.08	6.41	22.38	0.60	не обн.	1.48
К 1—43	Обохренный и нонтронти- зированный серпентинит	23.16	—	1.67	22.43	1.38	1.66	0.13
К 1—108	То же . . . . .	8.96	—	0.77	68.43	2.02	0.37	1.80
	Среднее по штуфным про- бам . . . . .	24.65	0.06	2.77	41.83	3.82	0.73	0.95
	Среднее по бороздовым и штуфным пробам . . . . .	22.56	0.06	3.48	48.87	3.31	0.74	1.11

Анализы произведены в лаборатории ИГН АН СССР.

и марганца увеличивается, но уменьшается содержание глинозема и кремнезема.

Грубослоистые руды содержат большее количество железа, никеля, кобальта и марганца, чем бобовые руды.

В тонкослоистых рудах три первых элемента — железо, хром и никель — достигают самой высокой концентрации.

Охристые руды содержат большое количество кремнезема, магнезия, кальция, никеля и кобальта, но бедны глиноземом, титаном и водой.

Табл. 17 наглядно показывает распределение элементов (и для некоторых из них парагенетические ассоциации их) в вертикальном разрезе рудной толщи. В эту таблицу помещены средние содержания элементов по штуфным и бороздовым пробам для глиноземистых, бобовых и охристых руд, а для грубо- и тонкослоистых руд приведено среднее содержание элементов только по штуфным пробам (табл. 17).

Из этой таблицы видно, что одна группа элементов (Fe, Ni, Co и Mn) с глубиной увеличивается, другая (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ti, P и H<sub>2</sub>O) уменьшается, третья же (Cr, Ca) по отношению к глубине ведет себя безразлично.

Разберем несколько подробнее поведение отдельных окислов и элементов.

Кремнезем в осадочной рудной толще убывает с глубиной, но в охристых рудах, представляющих собой ожелезненную кору выветривания серпентинитов, содержание его снова резко повышается и достигает иногда 40—50%. В осадочных рудах присутствие кремнезема связано с наличием в них кварцевой гальки, песка и халцедона. Кроме

ского месторождения (в %): 1936—1939 гг.

MgO	CaO	NiO	CoO	S	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O	Сумма	Fe	Cr	Ni	Cr: Ni
1.59	1.44	1.73	0.13	0.00	0.14	7.42	100.63	38.97	2.39	1.35	—
5.50	1.72	0.86	0.06	0.01	0.19	13.82	100.71	23.37	0.94	0.67	—
1.50	0.50	1.51	0.12	0.07	0.49	11.43	100.29	43.50	1.25	1.18	—
1.01	0.58	2.13	0.12	0.00	0.19	4.52	99.84	53.00	3.03	1.66	—
2.40	1.06	1.56	0.11	0.04	0.25	9.29	101.41	39.71	1.90	1.21	1.56
1.69	0.66	1.49	0.08	0.09	0.15	7.87	101.14	39.02	2.47	1.16	—
3.16	3.94	0.30	0.02	не обн.	0.18	0.62	—	15.67	0.40	0.23	—
15.73	1.76	1.28	0.03	—	0.09	13.77	83.09	17.00	0.94	0.10	—
1.45	0.52	0.68	0.60	—	0.26	12.95	98.81	48.19	1.37	0.53	—
5.50	1.72	0.93	0.18	0.09	0.17	8.80	—	29.74	1.29	0.50	2.58
3.95	1.39	1.24	0.14	0.06	0.21	9.04	—	34.17	1.59	0.85	1.87

того кремнезем входит в состав молекул каолинита и хлоритов, а как примесь присутствует в минералах группы окислов и гидроокислов железа. Поскольку кварцевые гальки и песчинки встречаются в большом количестве среди глинистых и конгломерато-кварцевых бобовых руд, постольку и содержание кремнезема достигает больших пределов (иногда свыше 20%).

Глинозем. Содержание глинозема с глубиной все время уменьшается, от 20% в глинистых рудах до 3% в охристых. В рудной толще он связан с каолинитом, гидраргиллитом и хлоритом. Большое количество его в глиноземистых рудах (иногда до 25%) связано с обильной галькой в них каолинита и включениями вторичного гидраргиллита.

Железо в пределах осадочной толщи количественно возрастает с глубиной. Оно представлено гидрогетитом, гидрогомацитом, магнетитом, железистыми хлоритами и сидеритом. Кроме того железо в значительных количествах (иногда до 30%) присутствует в качестве примеси в марганцевых минералах.

Увеличение содержания железа с глубиной в пределах осадочной рудной толщи (по табл. 17 с 27.71 до 45.95%) вызвано двумя причинами. Первая из них заключается в том, что нижние горизонты рудной толщи — грубослоистые и особенно тонкослоистые руды были обогащены железом, повидимому, еще во время их отложения, так как посторонний, нерудный материал не приносился в бассейн при отложении этих руд. При отложении же более высоких горизонтов рудной толщи — бобовых и глинистых руд — условия образования руд изменились, и к рыхлым механическим и химическим продуктам коры выветривания серпен-

Р у д ы	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe	Cr	Ni
Глинистая конгломератовидная бобовая руда . . . . .	17.38	19.39	27.71	1.71	0.18
Бобовая руда (обычная) . . . . .	9.83	9.14	39.40	1.80	0.22
Грубослоистая руда . . . . .	9.33	8.87	43.45	1.71	0.51
Тонкослоистая руда . . . . .	8.63	5.49	45.95	1.40	0.88
Охристая руда . . . . .	22.56	3.48	34.72	1.59	0.85

<sup>1</sup> См. диаграмму в статье Б. П. Кротова, Генезис Халиловских месторождений.

тинитов, которые сносились в бассейн и образовывали рудную толщу, примешивалось большое количество кластического нерудного материала — галек кварца, каолиновой глины, кристаллических сланцев, кварцевого песка и др. Это и обусловило первоначальную бедность бобовых и глинистых руд железом.

Второй причиной обогащения железом нижних горизонтов рудной толщи является миграция железа, которая происходила после образования и отвердения рудной толщи. Циркулирующие грунтовые и поверхностные воды были богаты углекислотой. Соприкасаясь с верхними горизонтами рудной толщи, эти воды растворяли железо, уносили его с собой и при благоприятных условиях отлагали его. Таким путем образовались гидрогетитовые прожилки и сплошные плотные гидрогетитовые плиты среди бобовых руд. Но в пределах бобовых руд не все железо, содержащееся в углекислых растворах, выпадало в виде осадка. Большая часть его мигрировала в нижние горизонты рудной толщи.

Здесь характер раствора менялся: близость карбонатизированных серпентинитов, на которых залегают слоистые руды, обуславливала наличие щелочной среды, в которой железо полностью выпадало из растворов. Оно переходило в осадок и образовывало в грубослоистых и тонкослоистых рудах гидрогетитовые прожилки, неправильные скопления, жеоды и корковые руды на контакте тонкослоистых руд и серпентинитов. Все эти прожилки, жеоды и корковые руды, на ряду с первичным обогащением, увеличивают количество железа в нижних слоях рудной толщи.

Хром по всей рудной толще распределен почти равномерно. Наблюдается лишь некоторое увеличение его в бобовых рудах. Наличие хрома в рудной толще связано, во-первых, с хромшпинелидами, которые в виде мелких неправильных зерен присутствуют во всех типах руд; во-вторых, с хлоритами, в которых он присутствует в виде окиси и входит, повидимому, в состав решетки как изоморфная смесь, на ряду с окислами железа и алюминия.

Окись хрома, входящая в состав молекулы хромита, является очень устойчивым соединением и при действии концентрированной соляной кислоты при температуре 100°C не переходит в раствор. Окись же хрома, входящая в состав хлоритов, как уже указывалось, при действии на них HCl легко растворяется.

Никель в рудной толще распределен неравномерно и содержание его с глубиной все время увеличивается (в среднем от 0.18 до 0.88%). Минимальное его содержание в отдельных пробах равно 0.07%, максимальное 1.88%. Никель связан с хлоритами, марганцовыми минералами

толще Ново-Киевского месторождения<sup>1</sup> (в %)

Co	Mn	Ti	V	Cu	Mg	Ca	S	P	H <sub>2</sub> O
0.02	0.08	0.60	—	0.005	0.89	0.70	0.04	0.17	16.01
0.04	0.25	0.58	0.02	0.005	0.82	0.67	0.04	0.16	13.42
0.06	0.39	0.05	0.03	0.030	0.75	0.30	0.05	0.15	15.29
0.12	0.60	0.04	0.02	0.030	1.08	0.60	0.05	0.14	13.50
0.10	0.85	0.03	—	0.018	2.37	0.87	0.06	0.09	9.04

и с слоистыми и охристыми рудами. Никелевых силикатов (гарниерита, ревдинскита и др.) нигде в рудной толще нами не было обнаружено.

В хлоритах никель входит в состав решетки и они, при действии на них NH<sub>4</sub>Cl, не выделяют Ni, не поглощают они его и из раствора NiSO<sub>4</sub> (см. описание хлоритов).

С марганцовыми минералами — вадом и асболоном — никель тесно связан и присутствует в них как постоянная примесь. В этих минералах он достигает иногда большой концентрации. Табл. 18, являющаяся выборкой из неполных химических анализов марганцовых минералов, иллюстрирует связь никеля с марганцем.

Таблица 18

## Содержание никеля в марганцовых минералах (в %)

№ обр.		MnO	NiO
13	Рыхлые марганцовые скопления . . .	33.02	4.29
13а	Землистые марганцовые скопления . . .	39.65	3.68
13б	Черные марганцовые оболочки . . .	34.74	5.28
10	Марганцовые налеты по трещинам серпентинитов . . . . .	25.22	1.55
9	Марганцовый налет на серпентинитах . . . . .	18.20	1.15

Из таблицы видно, что между марганцем и никелем существует почти прямая зависимость: с увеличением количества марганца увеличивается и содержание никеля в образцах.

В слоистых рудах никель, кроме связи с находящимися в них хлоритами и марганцовыми минералами, находится в абсорбированном состоянии, на что указывают проведенные нами опыты (см. описание хлоритов) и опыты И. И. Гинзбурга и А. И. Пономарева (1940) по абсорбции Ni слоистыми рудами. Особенно большой концентрации он достигает в тонкослоистых рудах, представляющих пористую землистую и глиноподобную массу, которая является хорошим абсорбентом.

Много абсорбируют никеля часто встречающиеся в тонкослоистых рудах красные землистые гидротематитовые прослойки. Наблюдается также приуроченность больших концентраций никеля к впадинам и карстовым воронкам в серпентинитах, которые заполнены тонкослоистыми рудами. Причины концентрации никеля в нижних горизонтах рудной толщи аналогичны тем, которые были высказаны и для железа. Тонкослоистые

и грубослоистые руды были обогащены никелем еще при их отложении, кроме того при последующей миграции никеля под действием кислых растворов слоистые руды сильно абсорбировали его. Помимо сильного абсорбирующего действия тонкослоистых руд, выпадению никеля из раствора здесь способствовала щелочная среда, обусловленная близостью карбонатизированных серпентинитов. В охристых рудах никель присутствует как остаточный продукт выветривания никельсодержащих серпентинитов. При процессах выветривания происходило обогащение этих руд никелем, при одновременном выносе из зоны выветривания магнезия, кремнезема и других составных частей серпентинита.

Таблица распределения элементов в рудной толще (табл. 17) показывает, что поведение никеля аналогично поведению железа: содержание этих металлов увеличивается в рудной толще с глубиной. Это обстоятельство дало возможность С. Д. Батищеву-Тарасову сделать вывод о какой-то более тесной связи и зависимости содержания никеля от содержания железа. Этот вывод он изложил в своем отчете по разведке северной залежи Ново-Киевского месторождения, сопроводив его графиком, показывающим, как с увеличением железа увеличивается и содержание никеля.

По нашим исследованиям какой-либо строгой зависимости между содержанием железа и никеля в рудах нет и увеличение местами их содержания с глубиной является простым совпадением. Целый ряд штучных проб показали при высоком содержании железа незначительное содержание никеля, а некоторые пробы содержат мало железа, но богаты никелем.

Кобальт, так же как и никель, с глубиной увеличивается и достигает наибольшей концентрации в тонкослоистых и охристых рудах. Количество кобальта в рудной толще почти в 8 раз меньше, чем никеля, но тем не менее, в тонкослоистых и охристых рудах он содержится в промышленных количествах, как это ранее было установлено нами (Калганов, 1937).

Наблюдается наибольшая приуроченность этого металла к впадинам и углублениям в серпентинитах, которые заполнены тонкослоистыми рудами.

Минералогической формой кобальта являются асболан и хлориты. Кроме того он находится в абсорбированном состоянии в слоистых и охристых рудах. Геохимическое родство его с марганцем в гипергенных условиях обусловило наибольшую концентрацию кобальта в марганцевых минералах. Нами еще в 1937 г. было установлено, что во всех Халиловских месторождениях существуют две разновидности марганцевого минерала — вад и асболан. Внешними отличительными их признаками (кроме химических) являются блеск и цвет. Вад имеет жирный блеск («грязеподобный») и стальной серый цвет, а асболан обладает матовым блеском, землистым сложением и характерным черно-голубоватым цветом. С асболаном обычно и связано большое количество кобальта (см. табл. 7).

В Ново-Киевском месторождении асболан концентрируется главным образом в тонкослоистых рудах, образуя в них тонкие прожилки-налеты по трещинам и мельчайшие точечные включения, рассеянные по всему слою руды.

В хлоритах кобальт входит в состав решетки и не выщелачивается из них. Эти хлориты имеют широкое распространение среди тонкослоистых руд. Вследствие этого эти руды сильно обогащены кобальтом.

Причины и условия обогащения кобальтом нижних горизонтов рудной толщи аналогичны тем, которые были описаны для никеля.

Марганец подчинен той же закономерности, как и Со, т. е. содержание его с глубиной увеличивается. Наибольшей же концентрации он

достигает в окристых рудах, где его окислы на контакте с плотными серпентинитами образуют линзы и неправильные скопления.

Минералогическими формами марганца являются вад, асболан и отчасти хлориты, куда он входит в состав решетки. Условия миграции и обогащения нижних горизонтов рудной толщи аналогичны таковым для никеля и кобальта.

Титан ведет себя в рудной толще иначе, чем предыдущие четыре металла (Fe, Ni, Co, Mn). Если содержание этих металлов с глубиной увеличилось, то содержание титана с глубиной уменьшается, приближаясь к нулю.

Наибольшей концентрации титан достигает в верхнем горизонте рудной толщи — в глинистых, конгломератовидных бобовых рудах. Здесь он, повидимому, находится в адсорбированном виде в глинистых продуктах. В других рудах химические и минералогические соединения его для нас не совсем ясны. Возможно, что он присутствует в них в виде тончайших зерен рутила, которые еще не обнаружены нами. Такое допущение может быть реальным, так как на некоторых Халиловских месторождениях (Промежуточном и др.) в рудах встречаются мелкие кристаллы рутила. Не исключена возможность и того, что титан присутствует в рудах совместно с магнетитом в виде тончайших включений титанистого железняка. Неясность минералогических форм и химических соединений титана не дает возможности нам более определенно сказать о причинах концентрации и миграции его в рудной толще.

Ванадий и медь в рудах не имеют практического значения.

Магний в пределах осадочной рудной толщи распределен почти равномерно. Здесь он связан с хлоритами, палыгорскитом и отчасти с магнезитом. В окристых остаточных рудах количество магния резко увеличивается и здесь он связан с магнезитом и серпентинитом.

Кальций, так же как и магний, в пределах осадочной рудной толщи не обнаруживает особой приуроченности к какому-либо типу руд. Он почти равномерно, но в небольших количествах присутствует во всех рудах. Связан с кальцитом, доломитом, арагонитом и хлоритами. В зоне окристых руд его количество возрастает; здесь он также связан с карбонатами. Окристые руды иногда бывают сильно карбонатизированы и нередко постепенно переходят в карбонатизированные серпентиниты. В таких случаях содержание кальция в руде достигает 15—20%.

Сера в рудах присутствует в незначительном количестве. Наблюдается небольшое повышение ее содержания с глубиной. В осадочной толще она связана, повидимому, с растительными остатками и с сульфатами (гипсом). В окристых рудах он присутствует в виде сульфатов.

Фосфор в осадочных рудах содержится в значительном количестве, причем наблюдается уменьшение его с глубиной. В этих рудах он имеет органическое происхождение (как продукт разложения растений); возможно, что он связан и с мельчайшими зернами апатита, которые могут сопровождать магнетит.

В окристых рудах количество фосфора почти в два раза меньше, чем в осадочных. Присутствие его здесь, повидимому, можно объяснить наличием мельчайших зерен апатита.

Вода с глубиной количественно уменьшается. Она присутствует в рудах в виде обыкновенной влаги и молекулярной воды, входящей в состав молекул хлоритов, каолинита, гидраргиллита, палыгорскита, гидрогетита, гидрогематита, вада, асболана и других минералов. Поскольку рудная толща находится выше уровня грунтовых вод, то, естественно, сильнее увлажнены более высокие горизонты руд, которые находятся под влиянием атмосферных осадков. Этим, повидимому, и можно объяснить присутствие наибольшего количества воды в глинистых рудах, которые залегают недалеко от дневной поверхности.

Подводя итоги обзору распределения отдельных элементов в рудной

толще, необходимо сказать несколько слов об условиях современной миграции этих элементов.

Для выяснения условий миграции элементов было сделано определение рН в различных горизонтах рудной толщи. Величина рН колеблется в пределах от 6.6 до 7.7, причем для верхних горизонтов рудной толщи она оказывается меньшей (6.6), а для нижних горизонтов — большей (7.7).

Эти наблюдения показывают, что в настоящее время в рудной толще установилась нейтральная среда с незначительным отклонением в сторону кислых (в верхней части рудной толщи) и в сторону щелочных (в низах рудной толщи) растворов.

Эта среда способствует в настоящее время сохранению установившейся концентрации различных элементов в рудной толще и препятствует их миграции. Конечно, нельзя допустить такой мысли, что в настоящее время элементы остаются абсолютно неподвижными. Они непрерывно мигрируют, и в грунтовых водах встречаются в незначительных количествах магний, кальций, никель, кобальт, марганец, железо и др. Но эта миграция настолько ничтожна по своим размерам, что она не может хоть сколько-нибудь изменить общего установившегося баланса элементов в рудной толще.

### Промышленная характеристика руд и их запасы

Ново-киевские железные и хромо-никелевые руды, как и руды всех других месторождений Халиловского района, имеют большое промышленное значение. Ценность этих руд заключается в том, что они, во-первых, кроме железа содержат в своем составе полезные легирующие примеси: хром, никель, кобальт, титан, марганец и медь, во-вторых, запасы этих руд довольно велики и, в-третьих, добыча их ведется открытым способом, чем значительно удешевляется стоимость их.

Насколько важное народнохозяйственное значение имеют эти руды, мы можем судить по постановлению XVIII съезда нашей партии, в котором говорится о постройке в третьей пятилетке металлургического завода на базе халиловских руд.

В настоящее время руды Ново-Киевского месторождения плавятся на Липецком металлургическом заводе «Свободный Сокол». Ново-киевские чугуны и стали применяются почти во всех отраслях машиностроения. Из них изготавливаются наиболее ответственные детали и части машин, которые должны обладать высокими механическими свойствами при одновременной легкости их, высокой антикоррозийностью, кислотоупорностью при высоких температурах и т. п.

Руды Ново-Киевского рудника при добыче в настоящее время не подразделяются на различные сорта. Вся рудная толща вынимается экскаваторами и в смешанном виде все типы руд отправляются в плавку. Такое использование столь сложных и ценных руд является нерациональным. При рассмотрении химического состава различных типов руд мы уже видели, что отдельные текстурно-минералогические типы руд имеют неодинаковый химический состав и резко отличаются по содержанию в них никеля и отчасти железа.

Для более правильного использования руд и для получения высококачественного природно-легированного металла из них, необходимо на месторождении организовать селективную добычу и отгрузку руд. В настоящее время Южгипрорудой уже разрабатывается проект рудника, приспособленного к селективной добыче. Такой порядок добычи вполне возможен, так как ранее выделенные нами текстурно-минералогические типы руд имеют в то же время различный химический состав и в забое хорошо отличимы друг от друга. Они залегают послойно в определен-

ной последовательности и имеют достаточные мощности для того, чтобы организовать на них даже механическую добычу (можно применять экскаваторы с малыми ковшами).

Таким образом совпадение текстурно-минералогических признаков с определенным химическим составом для каждого типа руд дает возможность выделить эти типы как промышленные. К ранее уже намеченным типам руд (бобовым, слоистым и охристым) следует добавить еще как самостоятельный промышленный тип руд верхний слой бобовых руд — глинистые конгломератовидные бобовые руды. Эти руды вследствие большого содержания в них  $Al_2O_3$  мы будем в дальнейшем называть глиноземистыми рудами. Следовательно, намечаются четыре промышленных типа руд: 1) глиноземистые, 2) бобовые, 3) слоистые, 4) охристые.

Для наилучшего их развития в забое, дадим краткую внешнюю характеристику этих типов.

Глиноземистые руды являются самым верхним слоем рудной толщи. Они представляют собой желтоватую и желто-буроватую легко-весную породу. На общем желтоватом фоне породы резко выделяются белые каолиновые гальки и неправильные включения, которые придают ей конгломератовидный облик.

Изредка по всему слою руды встречаются темнобурые или темно-коричневые бобы, похожие на мелкие шарики или горох. Эти руды легко разбираются вручную, при помощи кайла или лопаты. Экскаватор легко снимает их без предварительных взрывных работ. Мощность слоя колеблется от 0.5 до 1.5 м. Объемный вес 1.45, удельный вес 3.1.

Бобовые руды залегают под глиноземистыми, а если эти последние отсутствуют в разрезе, то бобовые руды лежат прямо под покрывающими их глинами и суглинками. Эти руды представляют собой очень плотную породу темнубурого цвета, которая резко выделяется в забое своим бобовым (гороховидным) строением. Темнобурые или темнокоричневатые плотные бобы густо сидят по всему слою. Они крепко сцементированы темнозеленой хлоритовой или темнубурой гидрогетитовой глиноподобной массой. Слой бобовых руд разбит часто трещинами на большие глыбы или куски. В наиболее трещиноватых местах порода разбирается при помощи лома, но в большинстве случаев требует применения взрывных работ. На Ново-Киевском руднике в настоящее время эти руды, совместно со слоистыми, взрывают перед экскаваторным забоем. Мощность бобовых руд колеблется от 1 до 3—5 м. Объемный вес 2.36, удельный вес 3.65.

Слоистые руды (грубо- и тонкослоистые) залегают под бобовыми рудами и подстилаются серпентинитами. Грубослоистые руды представляют собой плотную глиноподобную массу желто-бурого или буро-зеленоватого цвета. Руда эта иногда бывает разбита на глыбы и по трещинам покрыта черными марганцовыми налетами. Она постепенно переходит в тонкослоистые руды, которые также имеют плотное сложение и желто-буроватый цвет. По трещинам они покрыты черными марганцовыми налетами. Руды выделяются своим тонкослоистым сложением, которое обусловлено чередованием тонких красноватых, зеленоватых и буро-желтоватых прослоек. Нужно отметить, что тонкослоистые руды трудно бывает иногда при первом взгляде отличить от грубослоистых даже вблизи забоя, а на некотором расстоянии от него это вообще невозможно. Поэтому раздельная добыча этих руд вызвала бы большие технические затруднения и потребовала бы почти исключительного применения ручной разборки, так как, кроме общего их сходства с грубослоистыми, мощность этих руд в отдельности невелика (от 0.5—0.8 до 1.2, реже до 1.5—2 м). С точки зрения удобства эксплуатации необходимо объединить вместе грубослоистые и тонкослоистые руды.

Слоистые руды хотя и разбираются в забое легче, чем бобовые, но также требуют применения взрывных работ. Мощность слоистых руд от 1 до 3.5 м. Объемный вес от 1.4 до 1.6, средний 1.5; удельный вес 3.32.

Охристые руды представляют собой рыхлую сыпучую массу желто-бурого и реже темнобурого цвета. Залегают они под тонкослоистыми рудами. При выемке их из забоя, большая часть их превращается в порошок. Среди этих руд встречаются плотные кварцевые прожилки и отдельные крепкие ланзы окремнелых и ожелезненных серпентинитов. Мощность этих руд колеблется от 0.5 до 10 м. Они залегают не на всей площади залежей, а образуют небольшие участки и чаще всего приурочены к углублениям серпентинитов. Объемный вес этих руд равен 1.10, удельный вес 3.7.

Необходимо еще коснуться малораспространенных на месторождении разновидностей руд, а именно рудного делювия и рыхлых нонтронитов.

Рудный делювий встречается иногда на северной и южной залежах на поверхности бобовых руд. Мощность слоя колеблется от 0.3 до 1 м, реже она достигает 1.5 м. Руда состоит из плохо окатанных обломков бобовых и слоистых руд и рудной глинистой пылевидной массы, которая заполняет промежутки между обломками. Этот делювиальный слой, после освобождения его от глинистой массы (грохочением), может быть использован в плавке вместе с бобовыми рудами, так как по содержанию железа, хрома и никеля он ближе всего к ним подходит.

Рыхлые нонтрониты встречаются также редко. Они залегают иногда под тонкослоистыми, а иногда и под охристыми рудами. Мощность их колеблется от 0.3 до 1.5 м. Площадь распространения их невелика. Самостоятельного практического значения они не имеют, но могут быть использованы в плавке как примесь к охристым и тонкослоистым рудам. Правда, они имеют низкое содержание железа (от 18 до 25%), но зато содержат от 1.3 до 2% никеля и добавка их к другим рудам может сильно повышать содержание никеля в рудной массе.

Прежде чем перейти к промышленной характеристике отдельных типов руд, необходимо остановиться на тех требованиях, которые предъявляет металлургия к халиловским природно-легированным рудам.

Липецкий завод принимает в настоящее время ново-киевские руды, если они содержат свыше 34% железа, 0.4% никеля и не более 1.7—2% хрома. Такому требованию вполне удовлетворяет смесь руды трех типов (бобовых, слоистых и охристых), так как средние штучные анализы этих руд, берущиеся после погрузки с каждой платформы точечным методом (по схеме конверта), всегда дают свыше 37% железа, до 0.5% никеля и от 1.3 до 1.5% хрома.

Кондиции ГУМП, выработанные для комплексных хромо-никелевых руд в 1935 г., предусматривали содержание железа свыше 40%, никеля 0.5%, отношение хрома к никелю должно равняться 2.5.

Предварительные же кондиции Чугунлегира (по сообщению инж. Коченева в 1938 г.) для передельных чугунов требуют, чтобы руды содержали не ниже 38% железа, никеля не ниже 0.5% и отношение хрома к никелю не свыше 1.5; для хромистых же чугунов руды должны содержать железа 38%, никеля до 0.5% (желательно, но допускается и ниже), хрома от 1.5 до 4%. Но все эти кондиции не касаются руд глиноземистых, которые содержат мало железа.

В глиноземистых рудах заинтересована цементная промышленность, так как при плавке из них образуются силикатно-глиноземистые шлаки, из которых получается высококачественный цемент, идущий для оборонных целей.

Гипроцемент к этим рудам предъявляет следующее основное требование: отношение глинозема к кремнезему должно быть не ниже 0.8, кроме того общее содержание глинозема не должно быть очень низким.

Рассмотрим теперь в разрезе этих требований выделенные нами типы руд.

1. Глиноземистые руды содержат в среднем (в %):

Глинозема . . . . .	19.39	Никеля . . . . .	0.18
Кремнезема . . . . .	17.33	Титана . . . . .	0.60
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : SiO <sub>2</sub> . . . . .	1.12	Кобальта . . . . .	0.02
Железа . . . . .	27.71	Фосфора . . . . .	0.17
Хрома . . . . .	1.71	Серы . . . . .	0.04

Из этих данных видно, что глиноземистые руды вполне могут быть использованы в плавке для получения из них глиноземистых шлаков для качественного цемента и, отчасти, для получения из них хромистого чугуна.

2. Бобовые руды в среднем содержат (в %):

Железа . . . . .	43.05	Титана . . . . .	0.58
Хрома . . . . .	1.80	Кобальта . . . . .	0.04
Никеля . . . . .	0.18	Фосфора . . . . .	0.15
Cr : Ni . . . . .	10	Серы . . . . .	0.04
Марганца . . . . .	0.25		

Эти руды по содержанию основных своих компонентов (Fe, Cr, Ni) по предварительным кондициям Чугунлегира могут быть использованы для выплавки хромистых чугунов.

Слоистые руды (совместно грубо- и тонкослоистые) в среднем содержат (в %):

Железа . . . . .	42.92	Титана . . . . .	0.30
Хрома . . . . .	1.90	Кобальта . . . . .	0.09
Никеля . . . . .	0.67	Фосфора . . . . .	0.15
Cr : Ni . . . . .	2.83	Серы . . . . .	0.03
Марганца . . . . .	0.42		

Из приведенных данных видно, что эти руды по кондициям ГУМП 1935 г. могли бы быть использованы в плавке для получения из них передельных чугунов. Но в этих рудах отношение хрома к никелю равно 2.83, т. е. несколько выше, чем предусматривают кондиции (Cr : Ni=2.5). Однако, если не принимать в расчет пробу 8 с аномальным содержанием хрома (о чем говорилось выше), то эти руды на основе наших анализов вполне могут удовлетворить требованиям кондиции, так как отношение хрома к никелю в них будет равно 2.35.

Если же остановиться только на тонкослоистых рудах, то мы имели бы 45.95% железа, 1.4% хрома, 8.88% никеля; отношение хрома к никелю 1.59. По этим показателям руды вполне удовлетворяют предварительным кондициям Чугунлегира для передельных чугунов. Однако, как было уже сказано, эти руды при селективной добыче трудно будет отделить от сходных с ними грубослоистых руд и поэтому придется их добывать совместно с последними.

Охристые руды содержат в среднем (в %):

Железа . . . . .	33.72	Титана . . . . .	0.04
Хрома . . . . .	1.59	Кобальта . . . . .	0.11
Никеля . . . . .	0.85	Фосфора . . . . .	0.09
Cr : Ni . . . . .	1.87	Серы . . . . .	0.06
Марганца . . . . .	0.85		

Эти руды по кондициям ГУМП 1935 г. по содержанию хрома и никеля и по их отношению могли бы быть использованы для выплавки из них передельных чугунов, но по содержанию железа они не удовлетворяют кондициям, по которым железа должно быть не меньше 40%. Если базироваться только на 4 анализах бороздовых проб, дающих в среднем 39.71% железа, 1.97% хрома, 1.21% никеля и соотношение

хрома к никелю, равное 1.56, то эти руды можно отнести к комплексным рудам по предварительным кондициям Чугунлегира. Но при использовании этих руд необходимо предварительное их обогащение и окусковывание. Обогащение должно преследовать цель освобождения этих руд от мельчайших зерен и кусков кварца и глыб и кусков плотных, окремненных серпентинитов, которые сильно разубоживают руду железом и обогащают ее кремнеземом, содержание которого достигает иногда в руде до 40—50%. Без предварительной аггломерации эти руды не могут пойти в плавку, так как они содержат в своем составе до 60% частиц с диаметром от 0.001 до 0.05 мм. В настоящее время Ленинградский Механобр уже в основном разработал рациональный метод аггломерации охристых ново-киевских руд.

Хотя приведенные нами цифры среднего содержания глинозема, кремнезема, железа, хрома, никеля и других примесей выведены из сравнительно небольшого количества бороздовых (14) и штуфных (45) проб, но на эти данные, повидимому, можно положиться при характеристике руд, так как они совпадают с данными разведки и эксплуатации для этого месторождения.

Большое количество бороздовых проб, взятых по отдельным типам руд в 1937 г., при разведке северной залежи, дает в среднем близкое к нашим содержание железа, хрома и никеля.

С. Д. Батищев-Тарасов (1939) приводит следующие данные по содержанию железа, хрома и никеля в рудах северной залежи (среднее в ‰):

Название руд	Железо	Хром	Никель
Рудный делювий, руда конгломерато-оолитовая и оолитовая . . . . .	37.77	1.59	0.52
Руда слоистая . . . . .	39.40	1.49	0.79
По всей рудной толще . . . . .	38.80	1.53	0.66

По поводу этих анализов следует сказать, что среднее содержание никеля 0.52‰ в оолитовых (в бобовых по нашей терминологии) рудах и рудном делювии, по нашему мнению, слишком высоко. По данным бороздового опробования, проведенного нами в 1938 г. на Ново-Киевском, Мало-Халиловском и Орловском месторождениях, содержание никеля в бобовых рудах колеблется от 0.16 до 0.35‰, среднее равно 0.25‰. Кроме того, по большому количеству штуфных проб (около 450 проб), взятых за все время работ железорудной группой Академии Наук на шести Халиловских месторождениях, среднее содержание никеля колеблется от 0.20 до 0.30‰. Правда, в штуфных пробах иногда бывают отклонения от среднего содержания никеля в ту или в другую сторону и в очень редких случаях никель достигает 0.8‰. Но это бывает в том случае, когда из штуфной пробы в анализ попадают скопления хлоритов, но не вся масса бобовой руды. А так как хлориты содержат много никеля, то вполне естественно, эти образцы и показывают высокое содержание никеля.

Такое повышенное среднее содержание никеля в оолитовых рудах и рудном делювии, которое приводит С. Д. Батищев-Тарасов, получилось у него, повидимому потому, что он использовал много анализов прежней разведки, которые, кроме общей их запутанности, трудно иногда привязать к какому-либо типу руд. Не исключена возможность, что анализы с повышенным содержанием никеля принадлежат слоистым рудам.

Среднее содержание Fe, Cr, Ni для слоистых руд и всей рудной толщи, выведенное С. Д. Батищевым-Тарасовым, почти не расходится с данными эксплуатации и нашими анализами.

Повагонные пробы Ново-Киевского рудника, взятые с платформ перед отправкой руды на завод точечным методом (по схеме конверта),

дают по всей рудной толще среднее содержание (без подразделения руд на типы и за исключением глиноземных руд), которое соответствует среднему содержанию по нашим анализам. Из 708 повагонных проб около 90% проб содержат железа от 37 до 41%, среднее 39%; хрома от 1.30 до 1.50%, среднее 1.40%; никеля от 0.40 до 0.60%, среднее 0.50%.

Максимальное содержание в рудной толще (по 708 пробам) железа равно 44.58%, хрома 2.21%, никеля 1.56%; минимальное содержание железа равно 29.10%, хрома 0.45%, никеля 0.21%. Среднее содержание этих металлов для всей рудной толщи (за исключением глиноземистых руд) по нашим анализам характеризуется следующими цифрами: железа 40.23%, никеля 0.56%, хрома 1.76%. Таким образом, приведенные выше цифры по среднему содержанию железа, хрома и никеля свидетельствуют о том, что анализы наших проб в основном почти совпадают (или имеют иногда лишь незначительные отклонения) с большим количеством анализов разведки и эксплуатации и отражают истинное содержание этих металлов в руде. Поэтому наши выводы о химическом составе руд и об отнесении их к тому или иному промышленному типу имеют под собой прочную основу.

Подводя итоги этому разделу, мы можем отметить, что на Ново-Киевском месторождении намечается в основном три промышленных типа руд.

Применяя терминологию металлургии, мы будем иметь следующие сорта руд.

1. Глиноземистые руды, которые соответствуют глинисто-конгломератовидным и бобовым рудам, могут быть использованы цементной промышленностью и металлургией. В настоящее время эти руды Липецкий завод не принимает вследствие дорого стоющей транспортировки их на далекие расстояния (около 2 тыс. км) и малого содержания в них железа и никеля.

В качестве глиноземистой присадки к рудам завод добавляет тихвинские бокситы, которые ему обходятся гораздо дешевле вследствие их близости. Но с постройкой металлургического завода в Орско-Халиловском районе глиноземистые руды должны быть использованы при доменной плавке как сырье для глиноземистого цемента из шлака и отчасти как железная руда.

Хромистые руды, соответствующие бобовым рудам и отчасти рудно-делювиальному слою, могут быть использованы металлургией для выплавки из них богатых по хрому и бедных по никелю чугунов («хромистые чугуны»).

Передельные руды. Сюда относятся, во-первых, слоистые руды, из которых могут выплавляться передельные чугуны, идущие для получения из них высоких сортов хромо-никелевой стали; во-вторых, к передельным рудам относятся охристые руды (ожелезненная кора выветривания серпентинитов) и отчасти рыхлые нонтрониты.

Но если для первых трех типов руд (глиноземистых, бобовых и слоистых) не требуется предварительного обогащения и агломерации, то для охристых руд эти операции необходимы.

Как видно из приведенной выше промышленной характеристики железных руд, наиболее рациональным способом использования столь ценных ново-киевских руд будет способ селективной добычи и плавки этих руд. Технически это сделать вполне возможно.

Запасы руд. Запасы руд по Ново-Киевскому месторождению, подсчитанные в 1931 г. после разведочных работ, которыми руководил И. Л. Рудницкий, составляли: по северной залежи 7002.5 тыс. т, по южной — 24674.7 тыс. т; всего по месторождению 31677.2 тыс. т.

Затем эти запасы были уточнены, разбиты по сортам и снижены до следующей цифры:

Категория запасов	A <sub>2</sub>				B	A <sub>2</sub> +B
	I	II	III	IV		
Сорт руды						
Содержание железа	>40%	40—30%	30—20%	<20%		
Запасы в тыс. т . . . . .	15 556	6990.38	3219.13	395.50	600.0	26761.0

В 1938 г. запасы руд по северной залежи были вновь подсчитаны С. Д. Батищевым-Тарасовым и в 1939 г. утверждены в ВКЗ. Руды им были разбиты также на четыре сорта по содержанию железа (в %): I—40—50%, II—35—40, III—30—35 и IV—25—30%.

Затем по содержанию хрома и никеля автор разделил руды на две группы: а) руды, пригодные для производства литейного чугуна, и б) руды, пригодные для производства передельного чугуна, т. е. для мартеновского передела. Глиноземистых руд он не выделил и они по-пали, повидимому, в низкие сорта руд по железу.

Запасы по северной залежи, по данным С. Д. Батищева-Тарасова, выражаются в следующих цифрах (в тыс. т):

Категория	Руда	Железо	Хром	Никель
. . . . . A <sub>2</sub>	3513.0	1363.0	54.67	23.2
„ . . . . . B	307.0	118.0	3.96	2.0
Всего по залежам				
A <sub>2</sub> +B . . . . .	3820.0	1481.0	57.63	25.2

Таким образом, ранее подсчитанные запасы руд для этой залежи в 7 млн. т при детальной разведке были уменьшены почти в два раза.

Волжский геолого-разведочный трест произвел пересчет запасов по материалам прежней разведки и получил для южной залежи Ново-Киевского месторождения 16 194 тыс. т, которые утверждены ВКЗ пока по категории С<sub>1</sub>. Правда, доверять данным прежней разведки рискованно и они могут привести к ошибкам, но тем не менее, по опыту разведки северной залежи, можно полагать, что первоначально запасы были превышены. Действительно запасы по южной залежи можно получить только в результате детальной разведки.

В общем итоге по двум залежам мы будем иметь около 20 млн. т руды. Эти запасы вполне обеспечат металлургический завод в течение амортизационного срока (20 лет) с производительностью в 1 млн. т руды в год. Таким образом Ново-Киевское месторождение в общем рудном балансе Халиловских железорудных месторождений, имеющих общие запасы руды около 100 млн. т (по данным старой разведки), занимает довольно видное место.

#### 4. ПРОМЕЖУТОЧНОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

(М. И. Калганов) \*

##### Введение

Месторождение Промежуточное расположено в 2.5 км к северу от сел. Мало-Халилово и тянется узкой полосой вдоль дороги, ведущей в сел. Ново-Киевское. В пределах заснятого участка месторождение заключено между координатами 51° 25' и 51° 28' 30" с. ш. и 58° 10' и 58° 13' в. д.

Вместе с другими это месторождение было открыто в 1929 г. и разведано в период 1930 и 1931 гг. В 1937 г. на нем железорудной группой ИГН Академии Наук впервые были поставлены работы по изуче-

\* ИГН. Выпуск 67, Серия рудных месторождений (№ 6). 1941.

нию условий залегания рудной толщи, ее строения и минералогического и химического состава. Отрядом (возглавляемым автором этого очерка) было пройдено 17 дудок для вскрытия рудного тела, задокументированы все старые разведочные выработки (больше всего по отвалам) и составлена геологическая карта в масштабе 1 : 5000.<sup>1</sup>

Нужно отметить, что для изучения рудной толщи Промежуточное месторождение менее благоприятно, чем соседние Мало-Халиловское и Ново-Киевское, так как рудные пласты скрыты под мощным покровом юрских континентальных образований и слабо вскрыты искусственными обнажениями. Очистных карьеров здесь нет, а старые разведочные горные выработки в большинстве своем завалены, документация же их недостаточно надежна. Поэтому пришлось прибегнуть к проходке большого количества новых горных выработок.

В 1938 г. работы Академии Наук на месторождении продолжались. Были собраны дополнительные данные по минералогии и строению рудной толщи, по геологии и тектонике месторождения.

### Орогидрографические сведения по району месторождения

В орографическом отношении район этого месторождения имеет много общего с районом Мало-Халиловского месторождения. Абсолютные отметки его колеблются от 270 (у русла балки Япал-акла) до 395 м (плато Дюрт-кель-тюбе).

Вдоль месторождения проходят две параллельные гряды северо-восточного направления. Одна из них, сложенная серпентинитами, является как бы естественной границей его с запада, другая, сложенная юрскими осадочными породами, окаймляет месторождение с востока. Кроме того, имеются отдельные небольшие выступы, сложенные серпентинитами, опоками и кварцитами. Относительные высоты этих гряд и выступов колеблются от 15 до 45 м.

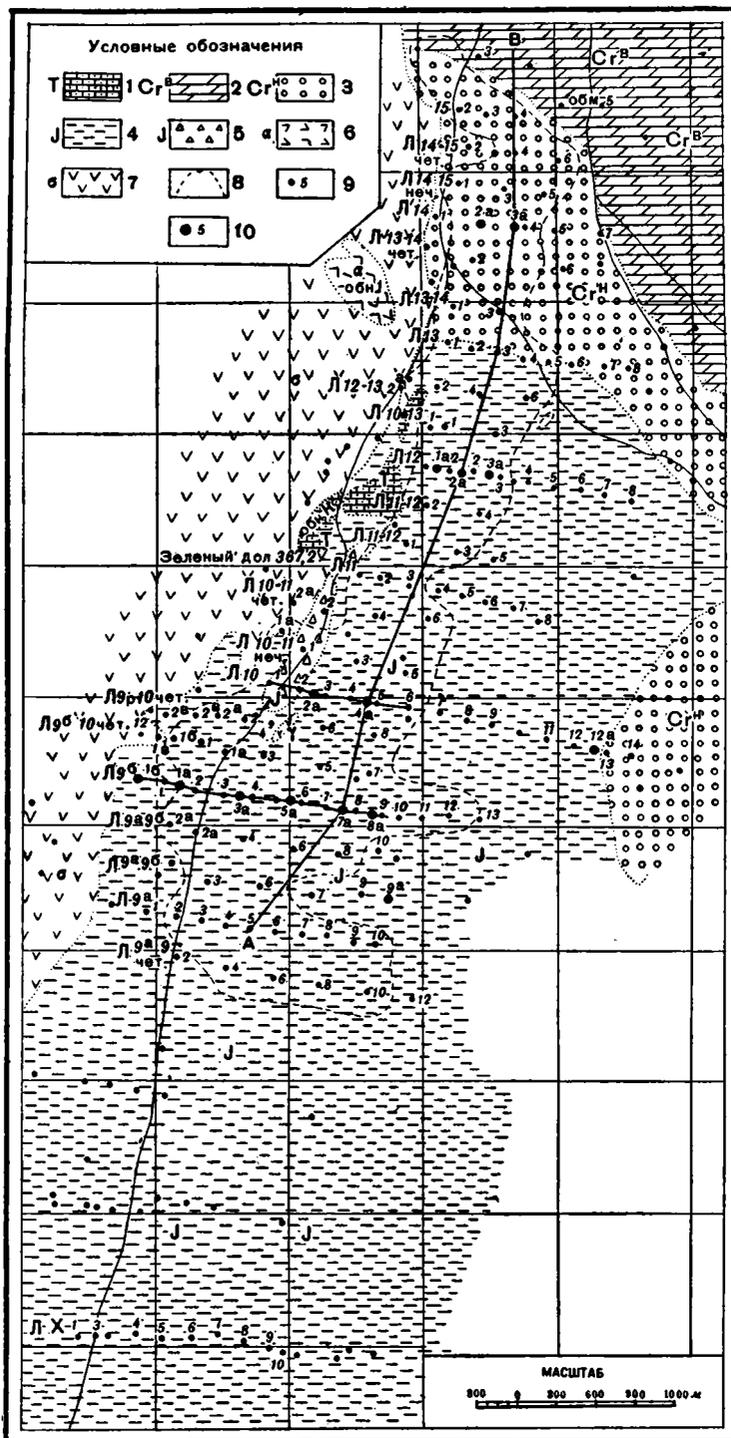
Соответственно двум указанным грядам на площади месторождения имеются три сухие балки, которые прорезают планшет в северо-восточном направлении. Одна из них находится западнее первой гряды и, прорезая серпентиниты, впадает слева в р. Губерлю у сел. Байказак. Две другие, сливаясь выше сел. Мало-Халилово, образуют одну общую балку, называемую Япал-акла, которая также впадает в р. Губерлю у сел. Мало-Халилово. По этой балке только в весеннее и дождливое летнее время протекает ручей, обычно же она безводна и лишь ближе к ее устью появляется вода.

Уровень грунтовых вод находится на глубине 40—60 м, т. е. значительно глубже, чем залегает рудная толща. Среди осадочных меловых и юрских пород, покрывающих рудную толщу, водоносных горизонтов не обнаружено, но под рудной толщей во время проходки дудок было встречено два водоносных пласта мощностью по 3 м каждый. Приток воды в них очень незначительный и практического значения они иметь не могут.

### Геологическое строение района месторождения

В геологическом строении месторождения принимают участие изверженные, метаморфические и осадочные горные породы. Здесь мы встречаем глинисто-кремнистые сланцы, эффузивы, серпентиниты, габбро, глины, пески, алевриты, конгломераты, опоки, мергели и кварциты (см. геологическую карту — фиг. 1, и разрез по линии АВ — фиг. 3).

<sup>1</sup> В этой работе принимали участие студентка-дипломница МГРИ В. А. Калганова и отчасти студентка МГУ Т. В. Власова.



Фиг. 1. Геологическая карта Промежуточного месторождения  
 1—кварциты третичные; 2—меловые мергели и опоки; 3—меловые галечники; 4—юрские глины, алевроиты и пески; 5—рудный делювий; 6—габбро; 7—серпентиниты; 8—граница рудного тела по данным разведки; 9—дудки, пройденные предыдущей разведкой; 10—дудки, пройденные отрядом Акад. Наук.

Глинисто-кремнистые сланцы и эффузивные породы на дневную поверхность в пределах месторождения не выходят. Они вскрыты горными выработками (дудками) в пределах 11 и 13 разведочных линий, где залегают под юрскими осадочными породами на глубине 10—30 м. На западе эти сланцы выклиниваются в пределах месторождения, судя по отсутствию их в дудке 1 линии 12, на востоке же они далеко не прослежены, так как юрские осадки достигают большой мощности и уже в дудке 3а линии 12 залегают на глубине 20 м.

Сланцы пронизаны густой сетью мелких желваков и линзочек (7—5 см в поперечнике), располагающихся согласно сланцеватости. По трещинам встречаются плоскости скольжения. Окраска встречающихся в них черных прослоек зависит от примеси углистого органического вещества — и прокаленная порода приобретает светлую окраску. Среди этой породы встречаются также и кремнистые ожелезненные участки. Судя по разрушенности этих сланцев, очевидно мы имеем дело с выветрелыми участками их.

Микроскопические наблюдения показывают, что порода состоит из кварца, глинистого вещества и гидроокислов железа. Глинистое вещество является основной составной частью породы. При очень большом увеличении можно иногда наблюдать, что оно состоит из большого количества прозрачных микрочешуек и редких мельчайших зерен кварца, которые расположены в слабо поляризующей массе, повидимому каолинитового состава. Микрочешуйки имеют положительное удлинение и относятся, повидимому, к группе гидрослюд.

Что касается эффузивных пород, которые по данным А. В. Хабкова (1935) вместе с кремнистыми сланцами подстилают рудную толщу Промежуточного месторождения, то нами в сланцевой свите встречены только зеленовато-серые породы, условно отнесенные к эффузивным. В некоторых дудках эти породы залегают под вышеописанными кремнистыми сланцами, в других они встречаются совместно со сланцами или без них. Под микроскопом они состоят из хлорита, каолинита, кварца, глинистого вещества и гидроокислов железа. Хлорит, наиболее распространенный минерал, представлен мелкими неправильными удлиненными, иногда веерообразными чешуйками и их агрегатами. Каолинит в виде мелких бесцветных неправильных чешуек или землистых агрегатов встречается в ассоциации с хлоритом. Кварц наблюдается в виде мелких неправильных зерен или агрегатов. Какую-либо реликтовую структуру для породы установить не удалось. По минералогическому составу их можно отнести к зеленокаменным породам. По возрасту эти породы отнесены А. В. Хабковым к верхнесилурийским или нижнедевонским образованиям, по аналогии с подобными породами Халиловского района, являющимися кровлей основной перидотитовой интрузии, которая интродировала в них, повидимому, в каменноугольный период.

Серпентиниты выходят на дневную поверхность в западной части планшета, по направлению же на восток они постепенно уходят под юрские и меловые осадочные образования. Они имеют неровную поверхность, образуют впадины и выступы. Один из таких выступов серпентинитов встречен среди юрских осадочных пород (между 4 и 6 дудками линии 9б — 10 четная). Поверхность серпентинитов в общем имеет небольшой наклон (под углом в 3—5°) к востоку. Чаще всего выходы серпентинитов на дневную поверхность представлены измененными серпентинитами — карбонатизированными, нонтронитизированными, окварцованными и обожренными. Эти разновидности образуют кору выветривания серпентинитов, которая более подробно описана ниже.

Габбро в районе Промежуточного месторождения выходит в виде неправильного штока, который возвышается над окружающими его сер-

пентинитами метров на 40—45 (см. геологическую карту, фиг. 1). Под микроскопом видно, что порода состоит из основного плагиоклаза (лабрадора, содержащего до 60% анортита), бурой роговой обманки, магнетита, ильменита и серицита. По своему минералогическому составу порода принадлежит к типу роговообманковых габбро. В составе этой породы темноцветные минералы играют существенную роль (от 30 до 40%).

В краевых частях штока порода имеет темносерый цвет, обусловленный присутствием большого количества темных компонентов; в центральной части штока мы имеем светлую разновидность габбро, с постепенными переходами к темносерому габбро.

### Древняя кора выветривания

Древняя кора выветривания на серпентинитах представлена зонами (снизу вверх): магнезитовой, силицифицированной, нонтронитовой и охристой.

Магнезитовая зона обогащена карбонатами магния и кальция (магнезитом, доломитом и кальцитом).

Макроскопически карбонатизированные серпентиниты представляют собой светлосерую — обеленную или светложелтую — обохренную породу. Наиболее распространенными минералами являются хризотил, карбонаты, кварц, хромшпинелиды и гидроокислы железа. Редко встречаются пироксены и роговая обманка. Несмотря на сильное изменение, порода все же часто сохраняет первоначальную сетчатую структуру серпентинита.

Зона окремнения характеризуется силицифицированными участками серпентинитов, часто ожелезненными. Эти участки иногда напоминают собой кварциты, местами окремнение наблюдается вдоль густой сети пересекающихся трещин.

Микроскопические исследования показывают, что эти породы состоят в основном из кварца и гидроокислов железа в виде тонких прожилков по трещинам. В состав породы входят также и другие минералы, перечисленные для карбонатизированных серпентинитов, но здесь они играют незначительную роль.

Нонтронитовая зона сложена рыхлыми продуктами разрушения серпентинитов, среди которых преобладает нонтронит.

Нонтронитовые породы под железорудной толщей встречаются лишь местами во впадинах карбонатизированных серпентинитов и прикрыты железорудными пластами. Максимальная мощность нонтронитовой зоны достигает всего лишь 1.5 м, обычно не превышает 0.3 — 0.5 м. За пределами же рудной залежи, в западной части и особенно в юго-западном углу планшета нонтронитовые породы занимают довольно большую площадь и достигают мощности 3 м. Макроскопически они представляют зеленоватую породу, местами имеющую буровато-желтую окраску, обусловленную присутствием большого количества гидроокислов железа. Кроме того, здесь часто присутствуют гипс и каолинит.

Зона охр сложена в основном гидроокислами железа (гидрогетитом, гидрогематитом) и кварцем. Охристая зона сохранилась кое-где под рудной толщей в углублениях среди карбонатизированных серпентинитов. Мощность охристых образований колеблется от 0.3 до 1.5 м. Они представляют собой рыхлую, иногда сыпучую массу желтоватого и желтобурого цвета. В составе этих серпентинитов главную роль играют гидрогетит, кварц, отчасти хлорит, нонтронит, карбонаты и гидрогематит.

### Мезокайнозойские отложения

Осадочные образования представлены юрскими континентальными отложениями, затем меловыми континентальными и морскими отложениями, над которыми залегают уже породы третичного возраста.

Юрские континентальные отложения, залегающие на палеозойских серпентинитах, представлены железорудной толщей, конгломератами, галечниками, глинами, песками и алевритами хайбуллинской свиты.

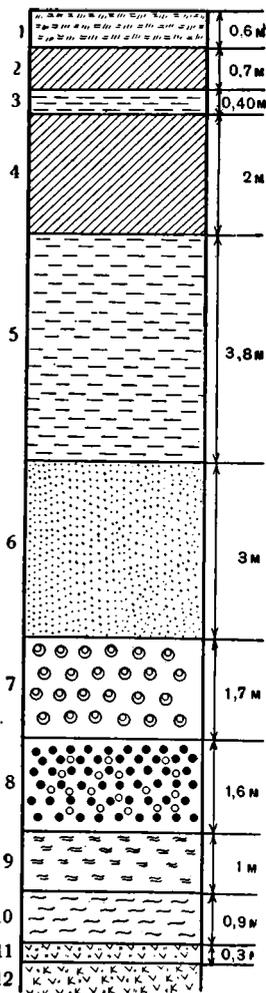
В северной части района месторождения юрские отложения скрыты под меловыми осадками. Мощность юрской толщи не везде одинакова. У западной границы планшетов юрская толща сходит на-нет, по направлению же к востоку мощность ее постепенно увеличивается и в пределах восточной границы контура рудного тела достигает 25—30 м. Наблюдается увеличение мощности и по направлению с севера на юг.

Приведем разрез юрских осадков, составленный по дудке 7а линии 9б (фиг. 2).

В северной части заснятого района, начиная от линии № 12, рудная толща переходит постепенно в базальные конгломераты и галечники, состоящие из галек кварца и кристаллических сланцев и песчано-железистого цемента. Эти конгломераты и галечники (на линиях 13 и 14) переходят кверху постепенно в покрывающую их песчано-глинистую толщу. У западной границы юрской толщи мы также встречаем в ее составе более крупнообломочный материал: гравий и галечники. Это обстоятельство свидетельствует о том, что с севера и северо-запада на этом участке расположена прибрежная зона. Залегание юрских пластов почти везде горизонтальное, и только в северной части месторождения на линиях 14 и 15 замечается падение юрских и меловых слоев на восток под углом 5—8°.

Фиг. 2. Колонка юрских отложений и рудной толщи. Дудка № 7а, линия 9б

1—почвенный слой; 2—алеврит светложелтого, бурого цвета, плотный; 3—глина темносерая, вязкая; 4—алеврит желтовато-серого цвета; 5—глины разных цветов; 6—песок желтовато-серый, рыхлый; 7—руда глинистая, обожренная с корочками и с конкрециями гидрогетита; 8—руда бобовая конгломератовидная; 9—руда грубослоистая гидрогетит-хлоритовая; 10—руда тонкослоистая гидрогетит-хлоритовая; 11—кора выветривания серпентинитов, охристая; 12—серпентиниты карбонатизированные, плотные.



Меловые отложения, представленные континентальными и морскими осадками, располагаются в западной и северо-западной части месторождения. Континентальные образования (мощностью до 4—5 м) представлены розоватыми и яркочерными глинами, песками, алевритами. На них залегают морские меловые образования, в основании которых лежит слой галечника, состоящего из хорошо окатанной гальки кварца, слюдястых сланцев, габброидных пород и зеленовато-серого песка. Мощность слоя 1.5 м. Над галечником залегают светложелтые мергели с прослоями светлосерых опоковидных пород. Среди мергелей встречается обильная фауна *Belemnitella americana* Morton. Эти породы имеют в пределах месторождения небольшое площадное распространение и мощность их не превышает 5 м.

Третичные отложения представлены кварцитами и конгломератами, выходы которых располагаются в 6 км к северу от сел. Мало-

Халилово, по обе стороны дороги, ведущей в пос. Ново-Киевский, в пределах 11 и 13 разведочных линий. В виде крупных глыб они встречаются на небольшом водораздельном гребне, к востоку в 300 м от дудки 14 линии 10. В основании кварцитов залегают конгломераты, состоящие из хорошо окатанных галек кварца и очень плотного песчано-кварцевого цемента.

Возраст этих пород О. П. Смирновой (1932) установлен как неогеновый.

### Тектоника

Как и в других участках Халиловского района, все юрские и меловые осадочные породы залегают почти горизонтально. Но среди этих пород в северной части Промежуточного месторождения, в 2 км к востоку от плато Дюрт-кель-тубе, зафиксирован разрыв типа сброса, о котором упоминается в работах А. Л. Яншина (1934) и А. В. Хабалова (1935). Здесь этот разрыв устанавливается необычной сменой пород: на почти горизонтальной поверхности третичные глины, лежащие на меловых мергелях, сменяются сразу же юрскими галечниками. Амплитуда этого сброса, судя по мощности пород, повидимому, метров 30—40. Несомненно, что западнее от линии разрыва породы были опущены и, как следствие этого опускания, слои юрских и меловых пород наклонены к востоку под углом 5—8°.

Этот разрыв образовался в третичное время. Повидимому, с подобного рода разрывами связаны флексуриобразные смещения рудных пластов, которые фиксируются в некоторых дудках линии 9б и линии 10. В этих же дудках наблюдается ступенчатообразный рельеф поверхности серпентинитов, которые подстилают железорудную толщу. Подобные же явления наблюдаются и на других месторождениях. Эти факты указывают на то, что Таналык-Баймакская впадина, образовавшаяся в доюрское время, в более поздний, третичный период, была осложнена вторичными, более мелкими сбросами и разрывами. Таким образом, тектонические подвижки в районе происходили на протяжении всего палеозойского и мезозойского времени.

### Форма и условия залегания рудного тела

Разведочными выработками хорошо прослежены западная и северная границы рудной толщи, восточная же и южная установлены недостаточно точно и показаны на карте условно. Западная граница рудного тела почти совпадает с линией выхода серпентинитов на дневную поверхность из-под юрской осадочной толщи. Рудные пласты здесь срезаны современной эрозией вместе с юрой. Они выходят иногда на дневную поверхность или прикрыты небольшим почвенным слоем.

Северная граница залежи проходит по разведочной линии 13 нечетная. Бобовые руды, начиная от линии 11 до линии 13, подстилаются слабо сцементированными конгломератами и постепенно ими фациально замещаются. По направлению на восток рудная толща, вероятно, уходит за пределы условного контура и там, как это видно из документации старых разведочных выработок, фациально замещается юрскими песчано-глинистыми породами.

Южная граница тоже не совсем ясна, и пунктирная линия на плане, проведенная около линии 9а, ограничивает лишь рудные пласты, имеющие промышленную мощность. Но, судя по отвалам и документации старых дудок, рудная толща продолжается далеко на юг за эту границу. Далее к югу, на правом склоне балки Япал-акла в старых дудках руды уже нет, и здесь, повидимому, рудная толща была когда-то смыта потоком, проходящим по этой балке.

В пределах промышленного контура рудная толща на плане получает форму неправильной фигуры, вытянутой в меридиональном направлении и сужающейся к северу, при максимальной длине 2.5 км и ширине 1 км. Площадь этого контура приблизительно равна 1.5 км<sup>2</sup>. Если же рассматривать рудное тело в поперечном и продольном разрезах, то оно представляет собой пластовую залежь с более или менее ровной верхней и довольно волнистой нижней поверхностью (подошвой). В пределах залежи отдельные слои руд ведут себя невыдержанно: часто замещаются фашиально или совсем выклиниваются. Максимальная мощность рудной толщи равна 5.5 м, минимальная 0.5 м и средняя 2.8 м. На большей же части площади рудного полигона рудная толща в целом ведет себя довольно выдержанно, и мощность ее остается более или менее постоянной, равной 3—3.5 м. Уменьшение мощности наблюдается лишь по направлению к периферическим частям рудной залежи, где она постепенно уменьшается и нередко сходит на-нет.

Переходя к вопросу об условиях залегания рудной толщи на Промежуточном месторождении, следует подчеркнуть, что рудное тело залегает на размытой слабо-волнистой поверхности палеозойских серпентинитов и отчасти кремнистых сланцев, поверхность которых имеет небольшое падение к востоку.

У западной границы от дудки 4 линии 10-11 четная до дудки 3 линии 9а рудная толща подстилается сильно ожелезненными и окремненными плотными породами, образовавшимися за счет серпентинитов; вся же остальная часть рудной толщи, к югу от линии 11, подстилается более или менее рыхлыми карбонатизированными, местами нонтронитизированными серпентинитами. Встречаются выступы неразложившихся серпентинитов.

Взаимоотношения рудной толщи с подстилающими серпентинитами разнообразны, и эти разнообразия зависят от характера поверхности самих серпентинитов и от того слоя рудной толщи, которым она налегает на серпентиниты. В тех местах, где рудная толща лежит на выступах серпентинитовой поверхности, независимо от того, каким слоем она соприкасается, наблюдается резкая, отчетливая граница между ними. Там, где рудная толща налегает своими слоистыми рудами на разрушенные охристые серпентиниты, граница между ними различима лишь благодаря текстурным особенностям руд: руды, образовавшиеся за счет серпентинитов в отличие от слоистых образований, характеризуются реликтовой петельчатой текстурой.

Если же слоистая руда налегает на зеленые рыхлые нонтронитизированные серпентиниты, то здесь граница между ними устанавливается, прежде всего, по смене окраски слоев. Но иногда слоистые руды, обогащенные хлоритом, также имеют зеленую окраску, и тогда границу между ними и нонтронитами можно установить по различию в текстуре пород. Резкий контакт наблюдается и в тех случаях, когда руда залегает на окремненных серпентинитах.

Очень часто в углублениях среди серпентинитов рыхлые продукты выветривания (охры, нонтрониты) отсутствуют, и тогда эти углубления бывают заполнены слоистой или бобовой рудой.

Иногда на контактах рудной толщи с серпентинитами наблюдаются плотные корковые железистые образования. Эти корки достигают толщины в 15—20 см и часто, окаймляя поверхность серпентинитов, повторяют ее очертания. Образование этих корок, повидимому, связано с метасоматическими процессами, которые происходили после отложения рудной толщи.

К северу (на интервале приблизительно от разведочной линии 11 до линии 13 четной) руда к подошве слоя постепенно переходит в галечник, и слегка ожелезненный конгломерат. У линии 13 рудная толща совсем выклинивается. Конгломераты и галечники, подстилающие руд-

ный пласт, залегают здесь на разрушенных кремнистых сланцах, а затем, далее к северу, они снова лежат на серпентинитах.

Покрывающими породами для рудной толщи, как уже отмечалось, являются юрские глины, пески и алевроиты. У западной границы рудной залежи мощность этих пород равна 0.5—1 м, но по направлению на восток она постепенно увеличивается и у восточной границы достигает 25—30 м. Наблюдается также некоторое увеличение мощности по направлению на юг. Так, например, на линии 12 мощность юры равна 10 м, а на линии 9а она достигает уже 18—20 м. Все породы, покрывающие рудную толщу, являются довольно рыхлыми и лишь изредка среди них можно встретить пропластки небольшой мощности (10—20 см) крепких ожелезненных песчаников или песчано-сидеритовых плит. Это обстоятельство позволяет говорить о возможности вскрыши рудной толщи помощью экскаваторов без применения взрывных работ.

Что касается взаимоотношений рудной толщи с ее кровлей, то таковые носят совершенно иной характер, чем ее взаимоотношения с подстилающими серпентинитами. Здесь во многих местах намечается постепенный переход от рудной толщи к покрывающим породам. Часто наблюдается, что в некоторых слоях глин, покрывающих руду, встречается большое количество гидрогетитовых бобов, тождественных слагающим бобовые руды. Нередко, наоборот, наблюдается, что среди бобовых руд залегают отдельные пропластки темносерых углистых глин. Если же на поверхности рудной толщи хорошо сохранились обожженные гидрогетитовые руды, то переходы от них к покрывающим глинам еще менее ясны. Здесь нижняя часть слоя покрывающих глин сильно обогащена гидроокислами железа и постепенно переходит в рудную толщу. Лишь в очень редких случаях наблюдается резкая граница между рудной толщей и покрывающими породами.

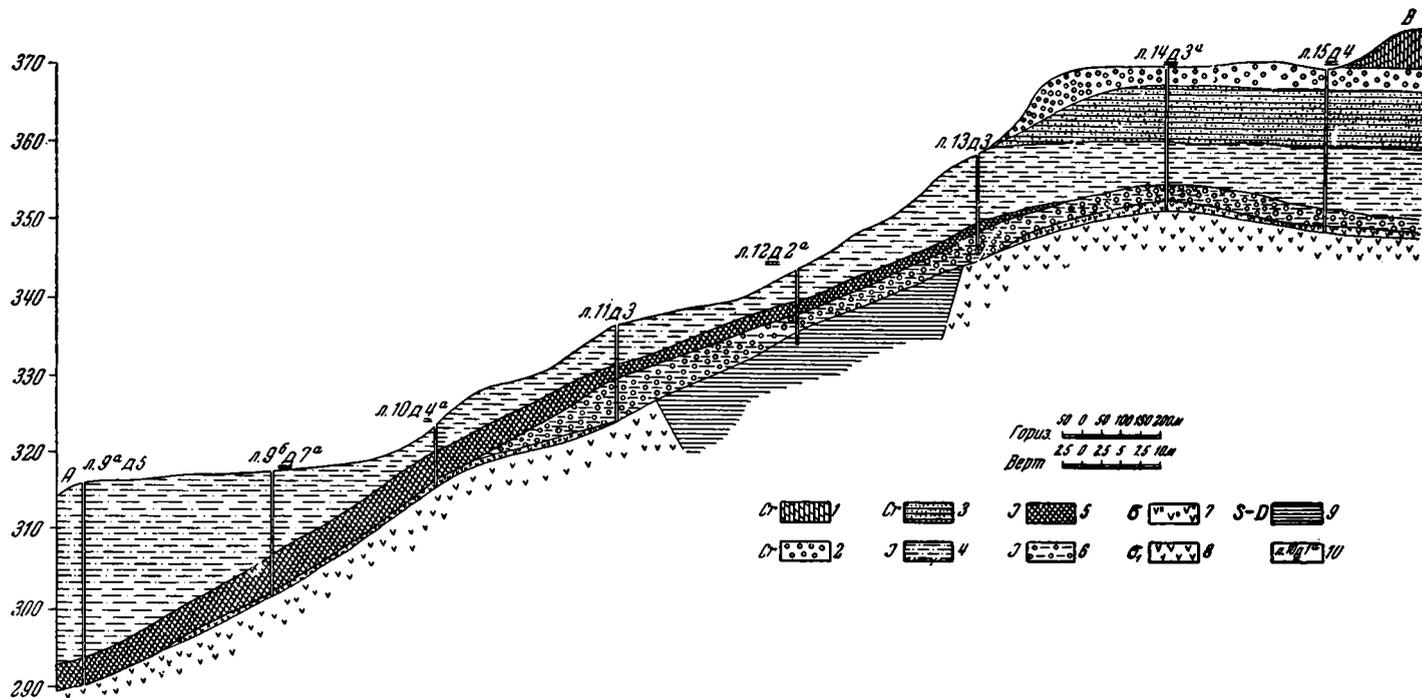
Сопоставление взаимоотношений рудной толщи с подстилающими породами приводит к выводу, что вся рудная толща неразрывно генетически связана с осадочными юрскими образованиями.

Необходимо отметить, что рудная толща на Промежуточном месторождении у западной границы подверглась позднему размыву, что доказывается наличием слоя рудного делювия, который залегают узкой полосой (от дудки 2а линии 12 до дудки 2 линии 9б) над рудной толщей и отделен от последней 3-метровым слоем галечников, суглинков и песков. Мощность слоя рудного делювия равна 1—1.5 м. Он представлен плохо окатанными обломками бобовых и слоистых руд, гальками кварца, которые цементированы ожелезненным суглинком. Наличие этого делювиального слоя руды дает основание предположить, что рудная толща простиралась на запад, но позднее (повидимому, в четвертичное время) была размыва и продукты ее разрушения образовали делювиальный слой. Во время этого же размыва была, повидимому, смыта значительная часть и покрывающей юрской толщи, особенно в западной части планшета. Степень окатанности обломков руды дает возможность предположительно установить, что они прошли все же путь небольшой.

### Строение рудной толщи

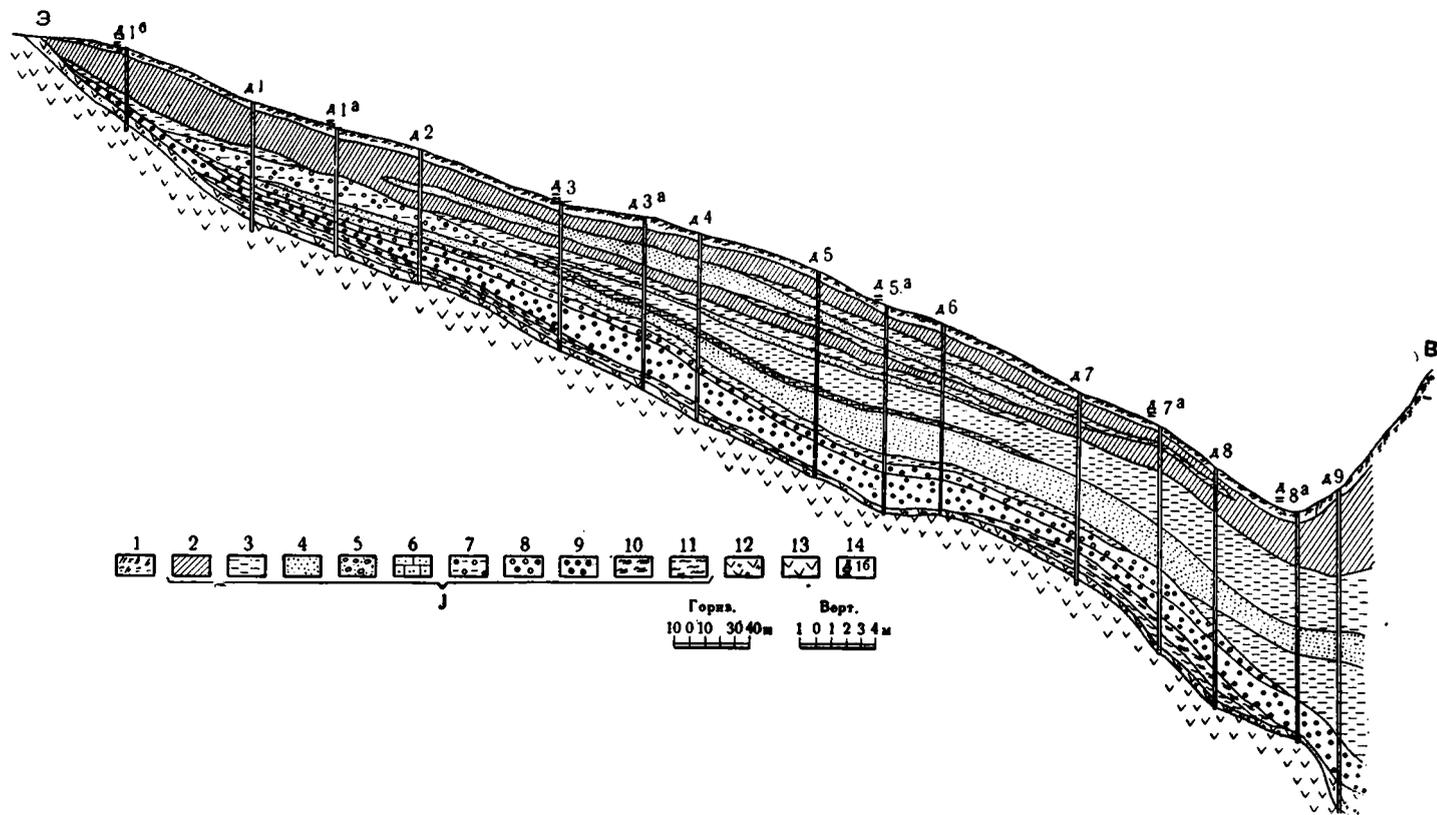
Руды различных типов, слагающие рудную толщу, залегают в такой последовательности (сверху вниз): 1) глиноземистые руды, мощностью 1.2 м, 2) конгломератово-песчанистые руды 1—1.5 м, 3) нормальные бобово-оолитовые руды 1.5—2 м, 4) грубослоистые руды 1 м, 5) тонкослоистые руды 0.9 м.

Такой полный разрез рудной толщи прослеживается не по всей площади месторождения. Часто из разреза выпадает тот или иной тип руды. На меридиональном разрезе (фиг. 3), представляющем общее распространение рудной толщи без подразделения ее на типы руд, видно,



Фиг. 3. Разрез по линии АВ 1937 г. (продольный)

1—мергели и опоки меловые; 2—галечники меловые; 3—глины и пески меловые; 4—глины, пески и алевриты юрские; 5—рудная толща; 6—конгломераты юрские; 7—охристая зона коры выветривания серпентинитов; 8—серпентиниты; 9—силуро-девонские глинистые окварцованные сланцы и эффузивы; 10—дудки, пройденные огрядом Акад. Наук.



Фиг. 4. Геологический разрез по разведочной линии 96 1937 г.

1—почвенный слой; 2—суглинок; 3—глина; 4—песок; 5—галечник; 6—песчаник ожелезненный; 7—конгломерат ожелезненный; 8—руда глиноземистая; 9—руда бобовая; 10—руда грубослоистая; 11—руда тонкослоистая; 12—кора выветривания серпентинитов; 13—серпентиниты; 14—дудки, пройденные отрядом Акад. Наук.

что мощность рудной залежи постепенно уменьшается к северу и у линии № 13 она совсем выклинивается, хотя по данным прежней разведки контур рудного тела протягивается необоснованно до линии 15.

Если проследить поведение отдельных типов руд, то мы увидим, что площадь распространения глиноземистых руд имеет несколько удлиненную форму. Они протягиваются от самой южной границы рудного контура, от линии 9а—9 четная, до линии 10—11 нечетная, на протяжении 1.25 км. В широтном направлении эти руды распространяются от дудки 1 до дудки 8 линии 9б (фиг. 4). Ширина контура глиноземистых руд по этой линии равна 0.75 км.

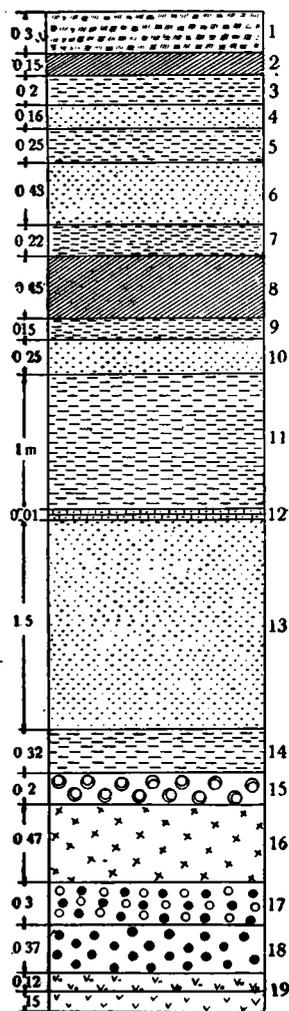
Мощность этих руд по направлению на запад от дудки 7а постепенно уменьшается и в дудке 1а линии 9б равна 0.2 м; по направлению же на север она остается более выдержанной и в дудке 4а линии 10 составляет 1.25 м. К северу отсюда глиноземистые руды быстро выклиниваются.

Конгломерато-песчанистые руды прослеживаются в широтном направлении от западной границы залежи до дудки 5а линии 9б, причем собственно конгломератовые руды доходят примерно до дудки 3а, а далее к востоку сменяются уже песчанистыми рудами (фиг. 5). В меридиональном направлении эти руды прослеживаются от южной границы рудной залежи до линии 9б—10 четная.

Бобово-оолитовые обычные руды в меридиональном направлении тянутся на протяжении 2.5 км (от линии 9а—9 до линии 13—14 нечетная).

Фиг. 5. Колонка надрудной и рудной толщи в дудке № 5а, линия 9б

1—почвенный слой; 2—алеврит желтовато-серый; 3—глина серовато-зеленая; 4—песок желто-серый; 5—глина желто-зеленоватая; 6—песок желто-серый; 7—глина желто-серая; 8—алеврит зеленовато-серый; 9—глина серая; 10—песок светлосерый; 11—глина желтая, серая, бурая; 12—ожеженный песчаник; 13—песок серый; 14—глина серая; 15—руда глинистая с корочками и конкрециями гидрогетита; 16—руда гидрогетит-хлоритовая рыхлая глинистая; 17—руда гидрогетит-хлоритовая песчанистая; 18—руда гидрогетит-хлоритовая бобово-оолитовая; 19—ожеженная кора выветривания серпентинитов, серпентинит рыхлый разрушенный.



ная), и на всем протяжении мощность их мало изменяется. В западной части месторождения эти руды залегают под песчанистыми и конгломератовыми рудами.

На разрезе по линии 10 (фиг. 6) мощность этих руд в дудке 4а равна 2 м, в других же дудках колеблется от 0.8 до 2.5 м.

В широтном направлении эти руды прослежены на протяжении 1 км, причем мощность их также остается почти постоянной.

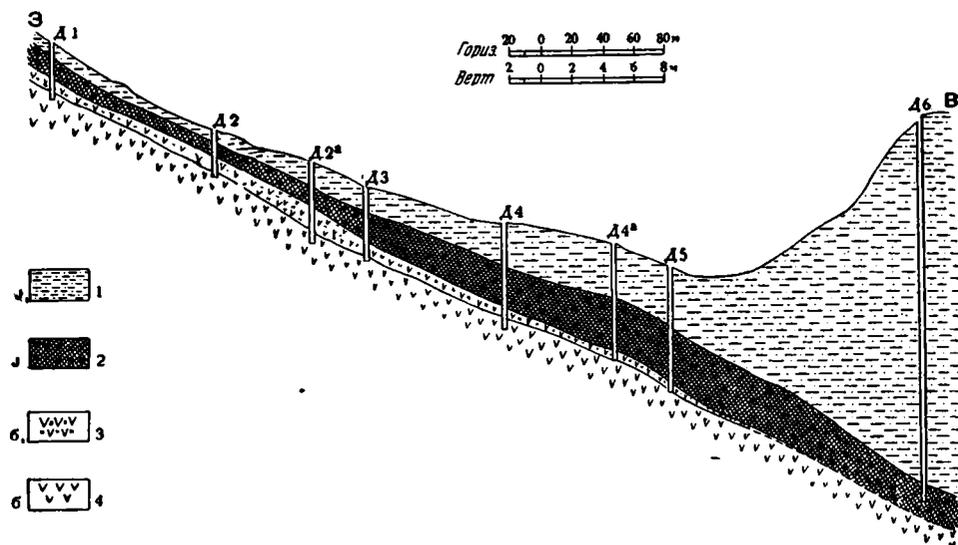
Слоистые (грубо- и тонкослоистые) руды на севере выклиниваются по линии 9б—10 четная; а юге по линии 9а. В широтном направлении они по линии 9б прослеживаются от дудки № 1 до дудки 5, а затем снова появляются в промежутке от дудки 6 до дудки 8а (см. фиг. 4). В дудке 5а (см. фиг. 5) эти руды не обнаружены. Наибольшая длина

контура распространения слоистых руд равна 0.9 км, ширина его 0.6 км.

Взаимоотношения отдельных типов руд и условия их залегания показаны на разрезе по линии 96 (фиг. 4). Почти все типы руд связаны взаимными переходами; резких границ между ними не наблюдается. Но несмотря на это, все же все основные типы руд резко выделяются в обнажениях и различить их по текстуре и окраске не трудно.

### Минералогический состав руд

В составе рудной толщи мы встречаем следующие минералы: гидрогетит, эренвертит, гидрогематит, магнетит (хромшпинелиды), псиломелан-вад, хлорит, кварц, гидраргиллит, каолинит, халцедон, биотит, серицит, полевой шпат, пироксен, нонтронит, хризотил, кальцит, магне-



Фиг. 6. Разрез по линии 10

1 — пески, глины и суглинки юрские; 2—руда; 3—ожезненная кора выветривания серпентинитов; 4—серпентиниты.

зит, сидерит, гипс, рутил, титанит и турмалин. Главную роль в составе руды играют гидрогетит, эренвертит, гидрогематит, железистые хлориты и кварц. Такие минералы, как магнетит, хромшпинелиды, псиломелан-вад, гидраргиллит, каолинит, хотя и встречаются довольно часто в рудах, но существенного значения не имеют. Карбонаты присутствуют главным образом в охристой зоне серпентинитов. Остальные указанные выше минералы представлены в рудах лишь отдельными редкими зернами.

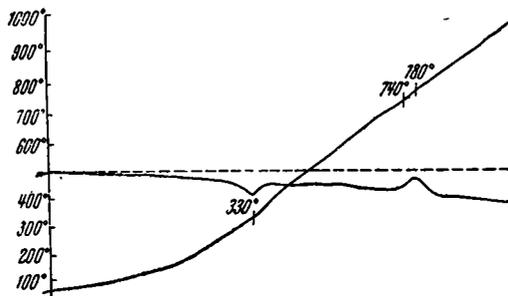
Гидрогетит является составной частью всех типов руд. Он представлен охристой, скрытокристаллической и волокнистой разновидностями. Охристый гидрогетит встречается вместе с хлоритом в цементе бобово-оолитовых руд, где он образует отдельные самостоятельные участки или находится в дисперсном состоянии среди хлоритов. В слоистых рудах он, находясь в равных количествах с хлоритом, слагает главную массу руды. В охристой зоне выветривания серпентинитов этот минерал слагает более чем 50% рудной массы, а иногда образует почти мономинеральные участки (с содержанием 80%  $Fe_2O_3$ ). Охристый гидрогетит образуется при разрушении скрытокристаллического и волокнистого гидрогетита и при обохривании некоторых хлоритов и карбонатов (кальцита, сидерита).

Скрытокристаллический гидрогетит представляет плотную массу тем-

нобурого или железно-черного цвета. Черта желто-бурая, иногда темно-бурая и коричневая. Твердость 5, удельный вес 3.7. Излом неровный, блеск матовый. Под микроскопом он обнаруживает мелкокристаллическое строение. В отраженном свете имеет светлосерую окраску. Стальной иглой не чертится, не магнитен, внутренние рефлексы желто-бурые. Он находится в тесном сростании с хлоритом, гидраргиллитом, кварцем.

Для термического анализа были отобраны гидрогетитовые бобы. Кривая нагревания (фиг. 7) этих бобов дает остановки, характерные для гидрогетита. Правда, на этой кривой нет четко выраженного эндотермического эффекта в интервале 60—150°.

Скрытокристаллический гидрогетит образует бобы, оолиты и прожилки в бобово-оолитовых рудах. Бобы и оолиты имеют округлую, эллипсоидную продолговатую форму, размеры их колеблются от десятых долей до 3—5 мм.



Фиг. 7. Кривая нагревания гидрогетитовых бобов

В оолитах иногда отдельные концентры кроме гидрогетита сложены также железистыми хлоритами. Внутри оолитов очень часто встречаются мелкие включения магнетита, хромшпинелидов, кварца, халцедона и хлорита.

В слоистых и охристых рудах этот гидрогетит слагает отдельные плотные прожилки, корочки и неправильные скопления. Прожилки гидрогетита в различных рудах образуются по вертикальным и горизонтальным трещинам. В этих прожилках гидрогетит часто встречается в ассоциации с эренвертитом (гидрогель окиси железа состава гидрогетита), который образует изотропные, продолговатые или округлые участки. В тех случаях, когда кристаллизация этих участков начинается с периферии, вокруг изотропных скоплений эренвертита образуются мелкокристаллические оторочки, которые поляризуют в оранжевых тонах и имеют форму цепочки (фиг. 8).

Волокнистый гидрогетит образуется главным образом внутри жеод и пустот в бобовых, слоистых и охристых рудах. Он слагает радиально-лучистые волокнистые оторочки на стенках жеод. Волокна иногда достигают длины 5—8 мм. Под микроскопом видно, что волокна в одних случаях располагаются параллельно друг другу, в других пересекаются и образуют ельчатую структуру. В этих оторочках не содержится никаких включений. В прозрачных шлифах окраска волокон яркооранжевая. В полированных шлифах резко анизотропен. Иглой не чертится, реагенты не действуют.

Гидрогематит в рудах количественно уступает гидрогетиту. Он представлен охристой и плотной разностями.

Охристый гидрогематит содержится в тонкослоистых рудах, где слагает тонкие прослойки. В бобово-оолитовых рудах он встречается очень редко в виде небольших участков и совместно с хлоритом цементирует бобы. Он представляет собой охристо-глинистую массу кирпично-крас-

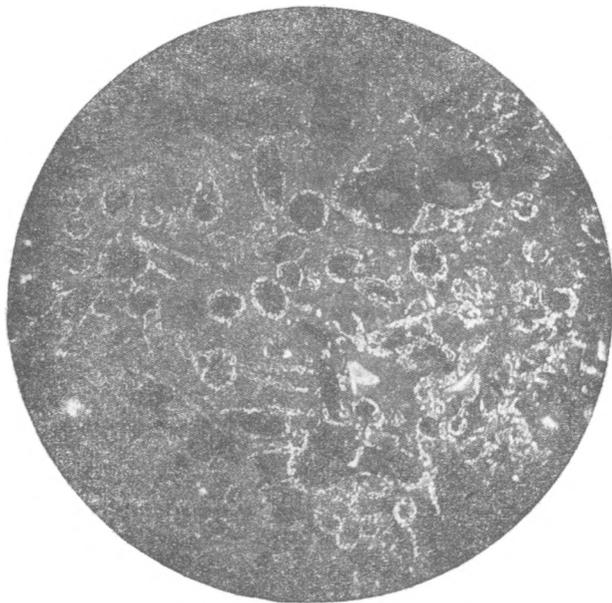
ного и бордового цвета. Легко растирается пальцами и пачкает руки. Твердость 1—2, удельный вес 3.3. Черта красновато-коричневая. Под микроскопом охристый гидрогематит имеет вид криптокристаллической красного цвета массы, в которой заключено иногда большое количество зеленоватых хлоритов и мелких зерен кварца. Чистое гидрогематитовое вещество для анализа получить затруднительно. Анализ вещества, взятого из красного прослойка тонкослонистых руд (обр. л. 96—7а—13), дал следующие результаты (в %):

SiO <sub>2</sub> . . . . .	15.58	CaO . . . . .	2.10
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.35	MnO . . . . .	0.17
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	5.33	NiO . . . . .	1.49
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	61.15	CoO . . . . .	0.04
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0.76	S . . . . .	0.02
FeO . . . . .	не обн.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.40
MgO . . . . .	1.40	Потер. при прокаливан..	11.53
		Сумма . . . . .	100.82

Анализ производил П. А. Волков.

Этот анализ подтверждает, что гидрогематитовое вещество сильно засорено примесями.

Плотный гидрогематит в бобово-оолитовых рудах образует бобы, а в охристых рудах он иногда образует кровяно-красные оторочки вокруг



Фиг. 8. Гидрогематитовые корочки из верхнего слоя бобовых руд. Шлиф 2,  $\times 35$ . Николи+

зерен магнетита. Гидрогематитовые бобы имеют сплошное строение. Форма и размеры такие же, как и у гидрогематитовых бобов. Поверхность их блестящая. Удельный вес 4.5. Твердость 5.5. Черта вишнево-красная. Под микроскопом не прозрачны, лишь очень тонкие участки их просвечивают в густокрасных тонах. Бобы имеют трещины и мельчайшие поры, которые заполнены хлоритом, гидраргиллитом и халцедоном. Иногда бобы бывают окружены оболочкой гидрогематита, хлорита или гидраргиллита. В отраженном свете бобы имеют серовато-белую окраску. Стальной иглой не чертятся. Изотропны. Внутренние рефлексии красные. Цвет порошка красноватый. Реагенты не действуют.

Анализы этих бобов дали следующие результаты (в %):

Компоненты	Обр. л. 9б—8а—9	Обр. л. 9а—3а—1б
SiO <sub>2</sub> . . . . .	3.37	3.61
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.61	0.57
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	4.43	4.20
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	81.86	82.67
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2.33	2.43
FeO . . . . .	1.09	0.06
MnO . . . . .	1.18	0.34
CaO . . . . .	0.04	нет
MgO . . . . .	0.29	0.35
NiO . . . . .	0.26	0.35
CoO . . . . .	—	0.09
S . . . . .	0.05	нет
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.20	0.15
H <sub>2</sub> O . . . . .	4.60	5.29
Сумма . . . . .	100.31	100.11
H <sub>2</sub> O		
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0.3	0.35

Эти анализы указывают на неоднородность вещества. Отношение воды к окиси железа определено за вычетом соответствующих количеств их, идущих на образование хлорита, который присутствует в этих бобах.

Магнетит встречается, главным образом, в виде кластических зерен во всех рудах и лишь изредка образует прожилки в грубослоистых рудах. В тонкослоистых рудах песчаники магнетита располагаются иногда по слоистости и образуют отдельные тончайшие прослойки. В грубослоистых рудах они редко и спорадически рассеяны по всему слою руды, а в бобово-оолитовых рудах эти зерна встречаются среди хлоритового и гидрогетитового цемента, а также среди гидрогематитовых и гидрогетитовых бобов и оолитов. Здесь они нередко в самой сердцевине бобов и являлись, повидимому, тем центром, вокруг которого отлагались гидроокислы железа, слагавшие бобы. Зерна магнетита во всех осадочных рудах имеют хорошую окатанность и небольшие размеры (от сотых долей до 1 мм). В охристых же рудах (кора выветривания серпентинитов) зерна магнетита не окатаны и часто с периферии окружены яркочерными оторочками гидрогематита. Магнетитовые прожилки в грубослоистых рудах, состоящие из скрытокристаллического магнетита, являются позднейшим образованием в рудной толще. Этот магнетит отлагался в трещинах руд под действием восстановительной среды во время циркуляции растворов железа.

Хромшпинелиды, подобно магнетиту, представлены в осадочных рудах обломочными зернами. Зерна его часто хорошо окатаны, размеры их колеблются от 0.1 до 2—3 мм. Иногда в слоистых рудах они располагаются по слоистости между хлоритовыми и гидрогетитовыми прослойками. Вследствие относительно большой распространенности этого минерала в рудах, среднее содержание хрома в рудной толще достигает 1.5—1.9%. В охристых рудах зерна хромшпинелидов не имеют окатанности и местами образуют значительные скопления. Содержание хрома в этих рудах колеблется в широких пределах — от 0.4 до 5%.

Псиломелан-вад располагается по трещинам руд в виде тонких корочек и налетов, наиболее часто встречающихся в тонкослоистых рудах. В этих же рудах замечается также повышенное содержание марганца и кобальта. Отдельные образцы охристых руд, обогащенные псиломелан-вадом, содержат до 8.5% MnO. Этот минерал имеет черный цвет со сталью-серым оттенком, легко растирается пальцами.

Хлориты пользуются широким распространением в рудной толще. В бобово-оолитовых рудах они слагают главную массу цемента, и иногда

## Химический состав хлоритов месторождения Промежуточного

Компоненты	Обр. л. 96—1а—10		Обр. л. 96—56—15		Обр. л. 96—3а—16	
	вес. %	мол. колич.	вес. %	мол. колич.	вес. %	мол. колич.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	30.71	511	27.60	160	26.60	445
TiO <sub>2</sub> . . . . .	—	—	4.35	54	0.60	8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	21.22	208	24.34	239	20.97	205
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	22.95	143	20.85	130	28.30	177
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0.87	8	1.16	10	0.28	3
FeO . . . . .	4.50	62	1.41	19	4.09	57
MnO . . . . .	0.45	6	0.05	1	0.05	1
MgO . . . . .	3.72	93	0.96	24	1.77	44
CaO . . . . .	0.69	12	0.79	14	0.18	3
NiO . . . . .	0.15	2	0.24	3	0.18	2
CoO . . . . .	0.19	0.2	не обн.	—	0.04	0.5
S . . . . .	0.038	1	0.03	1	0.06	2
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.09	1	0.15	1	0.11	1
H <sub>2</sub> O . . . . .	15.33	851	18.23	1013	16.98	944
Сумма . . . . .	100.91		100.16		100.21	

$$s = \frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3} = 1.42$$

$$s = 1.21$$

$$s = 1.16$$

## Коэффициенты по Орселю

$$a = \frac{\text{Fe}_2\text{O}_3}{\text{Al}_2\text{O}_3} = 0.69$$

$$a = 0.54$$

$$a = 0.86$$

$$f = \frac{\text{FeO}}{\text{MgO}} = 0.67$$

$$f = 0.79$$

$$f = 1.30$$

$$r = \frac{\text{RO}}{\text{R}_2\text{O}_3} = 0.49$$

$$r = 0.16$$

$$r = 0.28$$

$$h = \frac{\text{H}_2\text{O}}{\text{R}_2\text{O}_3} = 2.37$$

$$h = 2.67$$

$$h = 2.45$$

из них состоят бобы и оолиты. В слоистых рудах хлориты составляют почти 50% от всего состава руд.

Макроскопически хлориты представляют собой, главным образом, сравнительно плотную темнозеленую глиноподобную массу. Иногда среди них наблюдаются и более рыхлые желто-зеленые или коричневатозеленые разности. Темнозеленые хлориты имеют твердость, равную 2—2.5, удельный вес 2.5—2.8. Микроскопические наблюдения показывают, что в большинстве случаев хлориты представляют собой изотропную массу, среди которой иногда встречаются микрокристаллические участки или отдельные чешуйки и метаколлоидные выделения.

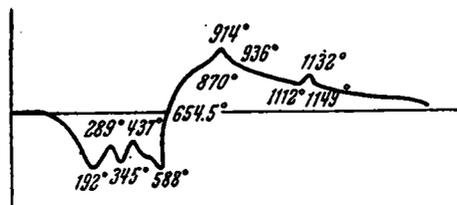
Изотропные хлориты под микроскопом имеют светлозеленый цвет, показатель преломления их равен 1.665. У более темных разностей показатель преломления равен 1.672. Метаколлоидные выделения имеют желто-зеленоватый цвет и крестообразное угасание, которые указывают на раскristаллизацию этих выделений.

Мелкокристаллические участки и отдельные чешуйки отличаются зеленым цветом и плеохроизмом в светлозеленоватых (по Ng) и темнозеленых (по Np) тонах. Они имеют трещины спайности, обладают прямым угасанием и положительным удлинением, оптический знак отрицательный. Показатели преломления по Ng=1.675, по Np=1.666. У некоторых чешуек, обладающих темнозеленым цветом, показатели преломле-

ния более высокие:  $N_g=1.685$ ,  $N_p=1.678$ . Величина показателей преломления, а вместе с тем и густота окраски хлоритов находятся в прямой зависимости от химического состава. При изучении хлоритов Промежуточного, Ново-Киевского и Мало-Халиловского месторождений нами наблюдалась такая зависимость между химическим составом, окраской и показателями преломления этих хлоритов: чем больше хлориты содержат железа, тем больше их показатели преломления и тем гуще и темнее их окраска.

Химические анализы хлоритов Промежуточного месторождения приведены в табл. 1.

Из анализов видно, что в составе этих хлоритов сумма окиси и закиси железа достигает 26—32%. Эмпирическая формула хлорита образца л. 9б—1а—10 имеет следующий общий вид:  $3SiO_2 \cdot 2R_2O_3 \cdot RO \cdot 5H_2O$ . Для двух других образцов коэффициенты в этой формуле будут иметь другие величины.



Фиг. 9. Кривая нагревания хлорита.  
Обр. л. 9б — 3а — 16

Хлориты Промежуточного месторождения ближе всего подходят к тюрингитам.

Для хлорита образца л. 9б—3а—16 Е. Я. Роде (1938) получена кривая нагревания (фиг. 9), которую он относит к группе сложных кривых. На этой кривой имеются три резко выраженных эндотермических остановок, с максимумами в точках 192, 345 и 588° и два экзотермических эффекта, достигающие максимума в точках перегиба при 914 и 1132°.

На кривой нагревания тюрингита, помещенной в работе Орсея (1927), мы наблюдаем лишь одну резко выраженную эндотермическую остановку с точкой перегиба в интервале от 500 до 600°. Другие же эффекты на его кривой тюрингита или слабо выражены или совсем отсутствуют. Наличие на кривых нагревания халиловских хлоритов сравнительно большого количества эндо- и экзотермических эффектов обусловлено, повидимому, с одной стороны различными посторонними примесями (гидрогетит, гидраргиллит и др.), от которых трудно избавиться (вследствие их тонкодисперсного рассеивания в хлоритах), с другой стороны—сложностью химического состава самих хлоритов, которые почти не укладываются в известные до сих пор химические формулы для железистых хлоритов.

Кварц встречается в рудах довольно часто. В верхних слоях бобово-оолитовых руд, главным образом, у западной границы рудной залежи, он находится в виде сравнительно крупных галек (от 2 до 7 см в поперечнике) и плохо окатанных песчинок. В этих рудных слоях содержание кремнезема достигает 37% и даже больше. При большом количестве кварцевых галек руда принимает конгломератовый облик. В нижних слоях бобовых руд кварц достигает также большой концентрации, но встречается уже не в виде галек, а в виде плохо окатанных песчинок и мелкого щебня, что придает руде песчаный характер. В нормальных же бобово-оолитовых, а также в грубо- и тонкослоистых рудах кварц встречается в виде окатанных зерен в хлоритовом цементе. В охристых рудах кварц образует иногда прожилки или отдельные участки, в которых по трещинам выделились гидроокислы железа. Не-

редко гальки и песчинки кварца замещаются нацело или частично гидрогетитом и даже хлоритом.

Халцедон встречается в рудах очень редко. Он заполняет иногда пустоты и трещины в бобах, а в охристых рудах образует небольшие прожилки.

Гидраргиллит наблюдается главным образом в верхних слоях рудной толщи, в рыхлой глинисто-хлоритовой руде, в виде небольших белых неправильных включений и прожилков. В бобово-оолитовых рудах гидраргиллит образует иногда очень тонкие прожилки в хлоритовом цементе. Он имеет мелкочешуйчатое, иногда радиально-лучистое строение. Чешуйки чаще всего бесцветны и имеют отрицательное удлинение и положительный оптический знак. Средний показатель преломления 1.560. Химические анализы рыхлой глинисто-хлоритовой руды, которая обогащена включениями гидраргиллита, дают до 25% глинозема.

Каолинит в рудной толще встречается очень редко. Он располагается в виде небольших включений в глинисто-хлоритовых рудах и в хлоритовом цементе бобовых руд. Под микроскопом он обнаруживает мелкочешуйчатое строение. Слабо действует на поляризованный свет. Бесцветен, но иногда бывает окрашен в желтоватый цвет, который зависит от присутствия гидроокислов железа.

Кальцит встречается главным образом в охристой и нонtronитовой зонах выветривания серпентинитов. Здесь он образует сплошные участки, отдельные включения и прожилки. В бобовых и слоистых рудах кальцит встречается очень редко в виде отдельных включений и очень тонких прожилков. Он имеет здесь вторичное происхождение и образуется позднее всех других минералов рудной толщи.

### Типы руд и их химический состав

Рудная толща состоит в основном из двух резко отличающихся друг от друга рудных слоев: 1) бобово-оолитовых и 2) слоистых. Кроме того, в качестве железных руд в некоторых случаях может быть использована охристая и отчасти нонtronитовая зона коры выветривания серпентинитов, которые описаны в разрезе коры выветривания.

Эти руды разделяются еще на следующие текстурно-минералогические типы.

А. Бобово-оолитовые: 1) глинистая гидрогетитовая руда; 2) рыхлая глинистая хлорит-гидрогетитовая руда; 3) конгломератовая кварцево-гидрогетит-хлоритовая руда; 4) песчанистая гидрогетит-хлоритовая руда; 5) нормальная бобово-оолитовая гидрогетит-хлоритовая руда.

Б. Слоистые: 1) грубослоистая гидрогетит-хлоритовая руда; 2) тонкослоистая гидрогетит-гидрогематит-хлоритовая руда.

В. Охристые руды коры выветривания.

### А. Бобово-оолитовые руды

1. Глинистая гидрогетитовая руда слагает верхний слой рудной толщи. Макроскопически это охристо-глинистая рыхлая масса, грязновато- и буровато-желтого цвета. Среди охристо-глинистой массы часто располагаются прожилки и корочки более плотного, темнубурого гидрогетита, нередко образующие концентрически-скорлуповатые стяжения, овальной или неправильной, иногда довольно разнообразной формы. В центре конкреционных стяжений и между отдельными концентрами располагается охристо-глинистая масса. Изредка в нижней части слоя этих руд наблюдаются гидрогетитовые бобы. Иногда среди этого слоя руд встречаются плотные, сплошные скопления аморфной буровато-красной массы в виде желваков и неправильных конкреций.

В отдельных местах эти конкреции скопляясь образуют очень плотные плиты, мощностью в 15—20 см.

Микроскопические исследования этих руд показывают, что охристо-глинистая грязновато- и буровато-желтая масса состоит из охристого криптокристаллического гидрогетита и глинистого вещества, иногда с мелкими чешуйками хлоритов и зернами кварца и хромшпинелидов.

Корочки, конкреции и бобы состоят из скрытокристаллического гидрогетита, слабо действующего на поляризованный свет. Нередко среди корочек и конкреций встречаются небольшие участки хлорита и глинистого вещества, которые приурочены к трещинам и пустотам.

Химические анализы этих руд дают следующие результаты (в %):

SiO <sub>2</sub> . . . . .	от	15	до	17
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	"	13	"	15
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	"	34	"	54
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	"	0.35	"	0.87
FeO . . . . .	"	0.13	"	0.22
NiO . . . . .	"	0.09	"	0.16
H <sub>2</sub> O . . . . .	"	14	"	17

Среднее содержание железа в этих рудах равно 30.8%, отношение глинозема к кремнезему 0.87.

2. Рыхлая глинистая хлорит-гидрогетитовая руда залегает под глинисто-гидрогетитовыми рудами и распространена главным образом в южной части рудной залежи. Она представляет собой глинистую массу буро-зеленоватого цвета, при выемке в горных выработках сравнительно вязкую и комковатую, но после вылеживания на воздухе рассыпающуюся на мелкие куски.

Отдельные прослойки этой руды пронизаны иногда вкрест слоистости густой сетью мельчайших желтых охристых гидрогетитовых столбиков, которые являются ходами корней и стволов древних растений. Часто среди этой руды встречаются белые неправильные включения и небольшие прожилки гидраргиллита и каолинита. Гидрогетитовые бобы редки, спорадически встречаются по всему слою руды.

Под микроскопом руда состоит в основном из изотропного и мелкокристаллического хлорита и гидрогетита. Гидраргиллит, каолинит, хромшпинелид и кварц играют подчиненную роль. Химические анализы показывают, что эта руда содержит небольшое количество железа и обогащена кремнеземом и глиноземом.

Содержание основных компонентов колеблется в руде в следующих пределах (в %):

SiO <sub>2</sub> . . . . .	от	27	до	30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	"	22	"	25
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	"	21	"	25
FeO . . . . .	"	1.5	"	4.5
H <sub>2</sub> O . . . . .	"	15	"	18

Среднее содержание железа в руде равно приблизительно 19%, отношение глинозема к кремнезему 0.85. Этот тип руды по высокому содержанию железа следует объединить в один тип с вышеописанными глинистыми рудами. Для промышленности эти два слоя могут представлять интерес как глиноземистые руды.

3. Конгломератовая кварцево-гидрогетит-хлоритовая руда залегает в западной части рудной залежи. По внешнему виду она представляет довольно плотный конгломерат буро-зеленоватого цвета. В ее состав входят гальки кварца и окремненных серпентинитов и бобы, цементированные хлоритовым и гидрогетитовым цементом. Характерно, что наибольшей крупности и наибольших скоплений кварцевая галька достигает у западной границы рудного тела, т. е. вблизи от выхода серпентинитов на дневную поверхность. По направлению же на

восток галька мельчает и количественно убывает, и руда принимает все более песчаный характер. В большинстве случаев кварцевые гальки ожелезнены, а иногда разрушены, причем нередко кварц подвергается выщелачиванию и тогда вместо гальки остается пористый ожелезненный ноздреватый остов ее, а в случае полного выщелачивания образуется пустота в породе.

Нередко среди этой руды встречаются корочки и прожилки плотного гидрогетита до 5—7 мм толщины. Они окаймляют гальки кварца, а иногда пронизывают руду в различных направлениях без всякой закономерности. Под микроскопом видно, что галька кварца состоит из раздробленных небольших зерен, которые имеют неодновременное угасание. Промежутки и трещины между зернами заполнены гидрогетитом. Галька окремнелых серпентинитов состоит из кварца, халцедона, гидрогетита и хризотила. Кварц представлен мелкими зернами и более крупными участками. Халцедон образует в пустотах и трещинах большие скопления. Гидрогетит также заполняет пустоты и трещины и как бы цементирует отдельные зерна кварца. Хризотил встречается очень редко и образует небольшие участки. Плотные гидрогетитовые корочки и прожилки состоят из криптокристаллического гидрогетита. В составе хлоритового цемента встречаются гидрагиллит, каолинит, глинистое вещество, небольшие зерна кварца и хромшпинелида и отдельные выделения гидрогетита. Хлорит в большинстве случаев представлен изотропной разновидностью, среди которой изредка встречаются мелкокристаллические участки или отдельные чешуйки.

Химический состав этих руд показан в табл. 2.

Таблица 2

Химический состав конгломератовых руд (в %)

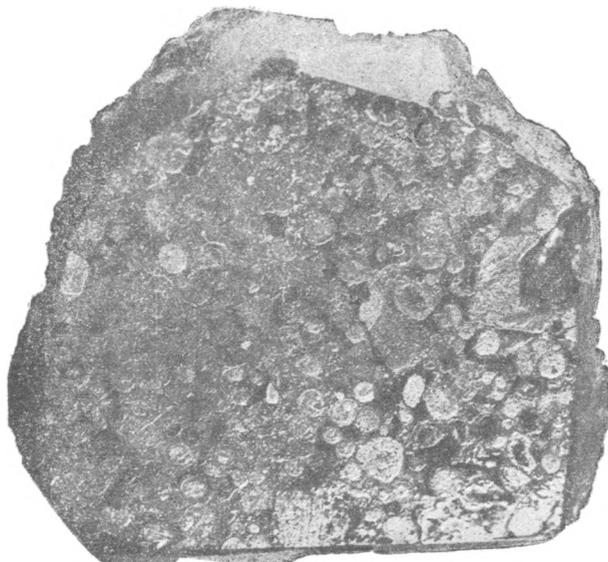
Компоненты	Обр. л. 96—1а—9 Бобовая руда с галькой кварца	Обр. л. 96—3а—9 Бобовая конгло- мератовая руда	Обр. л. 96—3а—16 Бобовая руда с галькой кварца	Среднее
SiO <sub>2</sub> . . . .	24.42	36.35	21.72	27.50
TiO <sub>2</sub> . . . .	—	—	0.42	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . .	15.07	6.13	13.63	11.61
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . .	35.35	45.29	39.99	40.21
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . .	6.53	3.42	3.78	4.58
FeO . . . . .	0.57	0.21	2.84	1.21
MnO . . . . .	0.11	0.16	0.10	0.12
MgO . . . . .	3.16	1.09	1.46	1.90
CaO . . . . .	1.31	0.11	0.57	0.33
NiO . . . . .	0.17	0.23	0.17	0.19
CoO . . . . .	0.00	0.032	0.019	0.017
S . . . . .	0.05	0.14	0.08	0.09
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.17	0.15	0.19	0.17
H <sub>2</sub> O . . . . .	14.67	7.85	15.73	12.75
Сумма . . . .	100.58	101.16	100.70	100.67
Fe . . . . .	25.19	31.86	30.21	29.09
Cr . . . . .	4.44	2.33	2.57	3.11
Ni . . . . .	0.13	0.18	0.13	0.15
Cr:Ni . . . .	34.15	12.94	19.77	20.73

Спектральным анализом в этих рудах установлены еще медь и ванадий. Как видно из таблицы, в составе этой руды содержится большое количество кремнезема и отчасти хрома и мало железа (среднее 29%).

4. Песчаная гидрогетит-хлоритовая руда распространена восточнее вышеописанной конгломератовой руды и является факультальной разновидностью этой последней. Она наиболее удалена от

западного берега того бассейна, в котором отлагалась рудная толща, и поэтому сложена более мелкообломочным материалом, чем конгломератовая руда.

Макроскопически это сравнительно плотная песчаникоподобная порода темнубурого цвета. В ее составе принимают участие редкие гальки кварца, гидрогетита и других пород, плохо окатанные песчаники кварца, зерна хромшпинелида, ожелезненные мелкие частицы растительных остатков, гидрогетитовые и гидрогематитовые бобы, редко встречаются зерна полевого шпата и турмалина. Весь этот материал сцементирован гидрогетитовым и хлоритовым цементом. Главной составной частью породы являются песчинки кварца, гидрогетитовый цемент и бобы и растительные остатки. Под микроскопом видно, что в цементе гидрогетит преобладает над хлоритом, причем он иногда разъедает или



Фиг. 10. Бобовая руда. Макрофото,  $\times 2$

замещает собою зерна кварца и хлорит. Среди хлорита нередко наблюдаются небольшие участки гидраргиллита и каолинита.

Руда характеризуется низким содержанием железа и повышенным кремнезема и отчасти хрома. Средний химический состав по трем штучным анализам следующий (в %):

SiO <sub>2</sub> . . . . .	29.12	CaO . . . . .	0.86
TiO <sub>2</sub> . . . . .	1.06	MnO . . . . .	0.05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	8.97	NiO . . . . .	0.15
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	38.34	CoO . . . . .	не обн.
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	5.11	S . . . . .	0.03
FeO . . . . .	1.38	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.08
MgO . . . . .	1.91	H <sub>2</sub> O . . . . .	13.36

Сумма . . . 100.42

По содержанию железа (28%), кремнезема (29%) и хрома (3.47%) эта руда подходит к конгломератовой руде. Поэтому для практических целей эти два типа руды следует объединить в один промышленный тип под общим названием «конгломерато-песчаные руды».

5. Нормальная бобово-оолитовая гидрогетит-хлоритовая руда залегает на всей оконтуренной площади рудного тела. Она представляет собой довольно плотную массивную породу черно-бу-

рого цвета, бобово-оолитовой текстуры (фиг. 10), разбитую трещинами отдельностей в различных направлениях. Руда состоит из гидрогетитовых и гидрогематитовых бобов и оолитов, редких и небольших галек кварца, зерен хромшпинелида, магнетита, кварца, ожелезненных растительных остатков и гидрогетитового и хлоритового цемента. Главную же роль в составе руды играют гидрогетитовые бобы и гидрогетитовый и хлоритовый цемент. Нередко встречаются плотные гидрогетитовые прожилки, приуроченные к трещинам.

Под микроскопом видно, что в некоторых гидрогетитовых и гидрогематитовых бобах и оолитах включены зерна кварца, магнетита, хромшпинелида, а трещины и пустоты в бобах заполняются иногда хлоритом, гидраргиллитом и халцедоном. Иногда округлые гидрогетитовые образования представляют собою хорошо окатанные гальки ожелезненных растительных остатков. В некоторых случаях наблюдается замещение кварцевых зерен и хлорита гидрогетитом, а иногда кварц замещается также хлоритом. Зерна магнетита бывают окружены красной оболочкой гидрогематита. Гидрогетитовый цемент представлен крипнокристаллической оранжево-желтоватой массой, действующей на поляризованный свет, хлорит — главным образом изотропной зеленоватой разностью. Нередки в цементе непрозрачные участки и мельчайшие прожилки псиломелан-вада.

Химический состав этой руды приведен в табл. 3.

Таблица 3

Химический состав бобово-оолитовых руд (в %)

Компоненты	Обр. л. 96— 7а—10 Бобовая гидрогетитовая руда	Обр. л. 96— 7а—11 Бобовая руда с зелеными хлоритами	Обр. л. 12— 3а—9 Бобовая красновато-бурая руда	Среднее по бобовым рудам
SiO <sub>2</sub> . . . . .	15.84	12.87	13.79	14.17
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	13.73	8.55	0.79	7.69
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	54.72	62.12	52.85	56.56
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0.35	1.72	0.89	0.99
FeO . . . . .	0.22	0.36	0.07	0.22
MnO . . . . .	0.20	0.25	0.43	0.29
MgO . . . . .	0.57	1.01	—	0.79
CaO . . . . .	0.16	0.36	—	0.26
NiO . . . . .	0.12	0.15	0.13	0.13
CoO . . . . .	0.013	0.026	0.13	0.056
S . . . . .	0.015	0.01	0.14	0.055
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.13	0.17	0.09	0.13
H <sub>2</sub> O . . . . .	14.42	13.17	2.18	9.92
Сумма . . . . .	100.49	100.77	71.49	—
Fe . . . . .	38.47	43.76	37.05	39.76
Cr . . . . .	0.24	1.17	0.61	0.67
Ni . . . . .	0.09	0.12	0.10	0.10
Cr : Ni . . . . .	2.67	9.75	6.10	6.70

Из анализов видно, что эта руда, в сравнении с предыдущими двумя типами (конгломератовыми и песчанистыми), имеет повышенное содержание железа (39.76%) и значительно пониженное содержание кремнезема (14.17%) и хрома (0.67%). Определения на отдельные элементы по многим штуфам дают в среднем около 40% железа, до 1.6% хрома и до 0.15% никеля.

## Б. Слоистые руды

1. Грубослоистая гидрогетит-хлоритовая руда залегает непосредственно под бобово-оолитовыми рудами. Она представляет собой буровато-желтую, иногда буро-зеленоватую плотную породу, без ярко-выраженной слоистости, разбитую трещинами с черными налетами псиломелан-вада. Иногда среди этой руды встречаются рыхлые участки. Нередки тонкие прожилки и неправильные гнездообразные скопления плотного гидрогетита. В верхних частях этого слоя руды встречаются изредка гидрогетитовые бобы.

Под микроскопом руда состоит в равных количествах из криптокристаллического гидрогетита и изотропного или мелкочешуйчатого хлорита. Кроме того часто присутствуют окатанные зерна кварца, хромшпинелида, магнетита и ожелезненные растительные остатки.



Фиг. 11. Тонкослоистая руда под микроскопом. Шлиф 108,  $\times 42$ . Николи ||

Отдельные неполные химические анализы показывают, что руда содержит железа 38—44%, хрома 0.67—1.2% и никеля 0.5—0.68%. Полный химический анализ буровато-зеленоватой разновидности руды с преобладанием хлорита дает следующие результаты (в %):

SiO <sub>2</sub> . . . . . 17.69	CaO . . . . . 0.29
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . 13.36	NiO . . . . . 0.41
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . 48.88	CoO . . . . . 0.04
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . . 0.93	S . . . . . 0.017
FeO . . . . . 2.12	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . . 0.15
MnO . . . . . 0.40	H <sub>2</sub> O . . . . . 14.66
MgO . . . . . 1.87	

Сумма . . . 100.81

Руда отличается от бобово-оолитовой более высоким содержанием никеля при почти одинаковом количестве железа.

2. Тонкослоистая гидрогетит-гидрогематит-хлоритовая руда залегает под грубослоистыми рудами и подстилается корой выветривания серпентинитов. Это тонкослоистая, сравнительно плотная порода желто-бурого, буровато-зеленоватого или красно-буроватого

цвета. Тонкая слоистость ее обусловлена чередованием гидрогетитовых, хлоритовых и гидрогематитовых прослоек, отчетливо выделяющихся и под микроскопом (фиг. 11). Руда разбита трещинами отдельностей, по которым она покрыта черными налетами псиломелан-вада. Иногда встречаются прожилки, скопления и жеоды, сложенные плотным гидрогетитом.

Под микроскопом видно, что руда состоит из охристого криптокристаллического гидрогетита, гидрогематита, изотропного и реже чешуйчатого хлорита, зерен кварца, магнетита, хромшпинелида, марганцовых включений и ожелезненных растительных остатков. В этой руде В. А. Калгановой были обнаружены обломки стволов и отпечатки листьев, которые располагаются по слоистости руды.

Химический состав этой руды по большинству компонентов почти не отличается от такового грубослоистых руд, за исключением более высокого содержания никеля. Определения в нескольких штучных пробах на отдельные химические элементы показывают содержание железа от 37 до 44.5%, хрома от 0.9 до 2.5% и никеля от 0.63 до 1.25%.

Два полных химических анализа приведены в табл. 4.

Таблица 4  
Химический состав тонкослоистой гидрогетит-гидрогематит-хлоритовой руды (в %)

Компоненты	Обр. л. 96— 7а—13 Тонкосло- истая руда	Обр. л. 96— 3а—27 Тонкосло- истая руда	Среднее
SiO <sub>2</sub> . . . . .	13.29	21.52	17.40
TiO <sub>2</sub> . . . . .	—	0.44	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	7.69	15.66	11.67
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	55.18	39.20	47.19
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	3.50	3.69	3.59
FeO . . . . .	0.32	1.68	1.00
MnO . . . . .	0.51	1.01	0.76
MgO . . . . .	2.06	0.56	1.31
CaO . . . . .	0.27	0.51	0.39
NiO . . . . .	1.27	1.87	1.57
CoO . . . . .	0.09	0.15	0.12
S . . . . .	0.015	0.07	0.043
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.24	0.16	0.20
H <sub>2</sub> O . . . . .	16.06	14.00	15.03
Сумма . . . . .	100.50	100.52	—
Fe . . . . .	38.88	28.75	33.81
Cr . . . . .	2.38	2.51	2.44
Ni . . . . .	0.99	1.46	1.22
Cr : Ni . . . . .	2.41	1.72	2.06

Эти анализы подтверждают высокое содержание никеля в этих рудах. Малое содержание во втором анализе железа (28.75%) и сравнительно высокое никеля (1.46%) объясняется тем, что штучная проба была взята из зеленоватого хлоритового прослойка, обычно обогащенного никелем. Для промышленного использования эту руду целесообразно объединять со сходной по составу грубослоистой рудой, от которой ее трудно было бы отличить при эксплуатации.

### В. Охристые руды

Охристые руды, как было уже указано, образуют охристую зону коры выветривания серпентинитов и залегают небольшими участками

под тонкослойными рудами в виде легковесной, иногда пористой массы желтоватого цвета, состоящей в основном из охристого гидрогетита и кварца. Кварц представлен отдельными зернами, прожилками или большими участками окремнелых и ожелезненных серпентинитов. Кроме того, в составе этих руд встречаются гидрогематит, хлорит, нонтронит, карбонаты, хризотил, хромшпинелид, бастит и др. Химический состав этих руд отражен в табл. 5.

Химический состав охристых руд (в %)

Таблица 5

Компоненты	Обр. л. 96— 1а—11 Охристая руда	Обр. л. 96— 1—12 Охристый серпентинит	Обр. л. 96— 7а—14 Охристая ко- ра выветрива- ния серпенти- нитов	Обр. л. 12— 19—4 Охристая ко- ра выветрива- ния серпенти- нитов	Среднее
SiO <sub>2</sub> . . . . .	15.38	32.02	25.32	3.94	19.16
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	3.11	5.75	3.64	1.18	3.42
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	57.68	38.51	50.91	80.87	56.99
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1.49	7.25	0.87	0.61	2.57
FeO . . . . .	0.00	0.42	0.18	0.31	0.23
MnO . . . . .	0.96	0.19	2.53	0.17	0.96
MgO . . . . .	5.03	2.93	0.84	0.76	2.39
CaO . . . . .	6.07	3.23	2.14	следы	2.86
NiO . . . . .	не обн.	0.09	не обн.	не обн.	—
CoO . . . . .	0.08	0.00	0.04	0.015	0.03
S . . . . .	0.061	0.05	0.027	0.01	0.04
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.24	0.09	1.47	0.36	0.54
H <sub>2</sub> O . . . . .	10.61	10.40	12.75	12.07	11.46
Сумма . . . . .	100.71	100.93	100.72	100.30	—
Fe . . . . .	40.38	27.30	35.78	56.85	40.08
Cr . . . . .	1.01	4.93	0.59	0.41	1.74
Ni . . . . .	не обн.	0.07	не обн.	не обн.	—

Из этой таблицы видно, что содержание железа, кремнезема и хрома подвержено большим колебаниям. Что касается никеля, то по отдельным определениям его в этих рудах содержится от 0.28 до 0.83%. Повидимому, при производстве полных анализов была допущена какая-то ошибка при определении никеля.

#### Распределение отдельных элементов в рудной толще

В составе рудной толщи Промежуточного месторождения установлены следующие элементы: Si, Al, Fe, Cr, Ni, Co, Ti, Mn, Mg, Ca, K, Na, S, P, H<sub>2</sub>O, As, Ga, Tl, Cu, V, Mo.

Последние шесть элементов определены спектральным анализом. Этим же методом определялись, но не обнаружены следующие элементы: Ba, Be, Au, Ag, Sb, Pt, Ge, In, W, Pb, Zn, Sn, Bi, Sr, Ra.

Существенную роль в составе руд играют кремнезем, глинозем, железо и вода. Хром, никель, марганец, титан и отчасти кобальт, хотя содержатся в рудах и в небольших количествах, являются ценными легирующими примесями. Среднее содержание отдельных элементов в различных рудах и распределение их в вертикальном направлении в рудной толще показаны в табл. 6.

Кремнезем в верхних слоях рудной толщи достигает наибольшей концентрации, в средней части содержание резко убывает, а в нижних горизонтах снова увеличивается. Глинозем ведет себя почти аналогич-

Р у д а	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe	Cr
Глиноземистые руды . . . . .	22.00	18.5	25.00	0.91
Конгломерато-песчанистые руды . . . . .	28.31	10.29	28.54	3.29
Обычные бобово-оолитовые руды . . . . .	14.17	7.69	39.76	1.60
Грубослоистые руды . . . . .	17.69	13.36	41.00	0.85
Тонкослоистые руды . . . . .	17.40	11.67	40.75	1.80
Охристые руды . . . . .	19.16	3.42	40.08	1.74

но кремнезему, только в охристых рудах его очень мало. Содержание железа, никеля, кобальта и марганца с глубиной постепенно увеличивается, причем для никеля и кобальта оно достигает наибольшей концентрации в тонкослоистых рудах.

В распределении хрома не наблюдается никакой закономерности.

Содержание титана с глубиной уменьшается. Магний и кальций в осадочных рудах ведут себя неравномерно, но в охристых рудах их содержание возрастает, так как здесь располагается большая часть их карбонатных соединений (кальцит, магнетит). Сера и фосфор в вертикальном разрезе рудной толщи также ведут себя неравномерно.

Вода в верхнем горизонте рудной толщи (в глиноземистых рудах) содержится в наибольшем количестве, по направлению же книзу она убывает, но неравномерно.

Что же касается причин миграции элементов и неравномерного распределения их в рудной толще, а также связи этих элементов с различными минералами, то они подробно были изложены нами в соответствующих разделах при описании Ново-Киевского и Мало-Халиловского месторождений. Поэтому здесь мы этих вопросов касаться не будем.

### Промышленная характеристика руд и их запасы

К промышленным типам могут быть отнесены следующие ранее выделенные разновидности руд: 1) глиноземистые, 2) конгломератово-песчанистые, 3) обычные бобово-оолитовые и 4) слоистые. Охристые руды могут поступать в плавку в качестве примеси к бобово-оолитовым или, при наличии большого содержания никеля, к слоистым рудам.

1. Глиноземистые руды, объединяющие два структурно-минералогических типа (глинистые гидрогетитовые и рыхлые глинистые хлорито-гидрогетитовые), слагают верхний слой рудной толщи и являются сравнительно легковесной желтовато-бурой или буро-зеленоватой породой. Объемный вес их 1.6, удельный вес 3.3. Они содержат в среднем (в %):

Кремнезема . . . . .	22.0	Никеля . . . . .	0.12
Глинозема . . . . .	18.5	Марганца . . . . .	0.15
Железа . . . . .	25.0	Титана . . . . .	2.00
Хрома . . . . .	0.9	Серы . . . . .	0.04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : SiO <sub>2</sub> . . . . .	0.84	Фосфора . . . . .	0.10

Эти руды могут быть использованы для получения из них глиноземистого шлака, идущего на изготовление высококачественного цемента, так как они удовлетворяют кондиционным требованиям Гипроцемента для глиноземистых руд (отношение глинозема к кремнезему=0.84, сравнительно высокое).

2. Конгломератово-песчанистые руды, как выше уже

и окислов в рудной толще (в %)

Ni	Co	Ti	Mn	Mg	Ca	S	P	H <sub>2</sub> O
0.12	0.015	2.00	0.15	1.40	0.37	0.04	0.10	16.50
0.13	0.01	0.44	0.08	1.14	0.42	0.06	0.05	13.05
0.10	0.04	—	0.22	0.47	0.18	0.05	0.05	10.92
0.50	0.04	—	0.30	1.12	0.20	0.01	0.06	14.66
1.22	0.10	0.22	0.58	0.78	0.27	0.04	0.08	15.03
0.50	0.03	—	0.73	1.43	2.00	0.04	0.23	11.46

отмечалось, слагают верхний горизонт бобово-оолитовых руд. Они представляют собой довольно плотную темнобуроватую породу. Объемный вес их равен 2, удельный вес 2.8. Средний химический состав (в %):

Кремнезема . . . . .	28	Титана . . . . .	0.44
Глинозема . . . . .	10	Марганца . . . . .	0.08
Железа . . . . .	28.5	Серы . . . . .	0.06
Хрома . . . . .	3.29	Фосфора . . . . .	0.05
Никеля . . . . .	0.13	Cr : Ni . . . . .	13.05

Как видно, эти руды высокохромистые, сравнительно бедные железом и богатые кремнеземом. Они могут быть использованы для выплавки хромистых чугунов, при условии предварительного обогащения или плавки в смеси с другими рудами, более богатыми по содержанию железа.

3. Обычные бобово-оолитовые руды слагают большую часть слоя бобово-оолитовых руд и распространены на всей площади месторождения. Представляют собой очень плотную породу. Объемный вес их равен 2, удельный вес 2.8. Средний химический состав (в %):

Кремнезема . . . . .	14.17	Никеля . . . . .	0.10
Глинозема . . . . .	7.69	Марганца . . . . .	0.22
Железа . . . . .	39.76	Фосфора . . . . .	0.05
Хрома . . . . .	1.60	Серы . . . . .	0.05

Руды пригодны для выплавки из них хромистого чугуна, так как они удовлетворяют кондициям Чугунлегира 1938 г. (не менее 38% железа и 1.5% хрома).

4. Слоистые руды (грубо- и тонкослоистые) образуют нижний горизонт рудной толщи. Объемный вес 1.8, удельный вес 3.5. Они содержат в среднем (в %):

Кремнезема . . . . .	17.54	Марганца . . . . .	0.44
Глинозема . . . . .	12.50	Титана . . . . .	0.12
Железа . . . . .	40.80	Серы . . . . .	0.02
Хрома . . . . .	1.32	Фосфора . . . . .	0.07
Никеля . . . . .	0.86	Cr : Ni . . . . .	1.53

Эти руды пригодны для выплавки передельных чугунов, идущих для изготовления хромо-никелевых сталей. Кондиции Чугунлегира 1938 г. для этих руд предусматривают содержание железа не ниже 38%, никеля не ниже 0.5% и отношение хрома к никелю не выше 1.5.

Таким образом, на этом месторождении, как и на всех других месторождениях Халиловского района, мы имеем различные сорта руд, пригодных для получения: 1) высокоглиноземистых шлаков, 2) хромистых чугунов и 3) передельных чугунов.

Независимо от сортов, руды не нуждаются в агломерации, так как при выемке не дают большого количества мелочи и пылеватых частиц.

Обогащение (по данным Механобра) для большинства руд не дает особо положительных результатов, и только конгломерато-песчанистые руды, возможно, удастся освободить от кварцевой гальки и тем самым повысить в концентрате содержание железа.

Добыча различных сортов руд должна вестись селективно. Вследствие небольшой мощности покрывающих пород на большей части полигона, добычу руд можно вести открытым способом при помощи экскаватора. Значительная крепость руд требует применения взрывных работ.

Запасы руд для Промежуточного месторождения были утверждены в 1931 г. в количестве (в тыс. тонн):

По категории А <sub>2</sub>			По категории В	Всего
I сорт 40% Fe	II сорт 30—40% Fe	III сорт 20—30% Fe		
2120	2110	1920	5850	12 000

Но так как эти запасы были подсчитаны на не вполне обоснованных материалах, то в 1939 г. бывшим Куйбышевским геологическим трестом был произведен пересчет запасов, согласно которому запасы выражаются в следующих цифрах: по категории В 1644 тыс. т, по категории С<sub>1</sub> 5477 тыс. т.

При пересчете запасы руд не были разбиты на сорта в зависимости от содержания хрома и никеля, так как документация и опробование прежней разведки (1929—1931 гг.) не дают для этого достаточных данных. Такой подсчет требует детальной разведки месторождения.

## 5. МАЛО-ХАЛИЛОВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

(М. И. Калганов) \*

### Введение

Мало-Халиловское месторождение находится на левом склоне долины р. Губерли, в 1,5 км от ее русла и в 4 км к северо-востоку от ж.-д. станции Халилово, между 51°23'30" — 51°25' с. ш. и 58°10' — 58°13' в. д. (по Гринвичу).

Месторождение, открытое в 1929 г., разведывалось в течение 1930 и 1931 гг. Однако редкая разведочная сеть, неудовлетворительная документация и недочеты опробования заставляют расценивать результаты этих работ как предварительные, а подсчеты запасов руд как необоснованные.

В 1935—1936 гг. на Мало-Халиловском месторождении работала железорудная группа Академии Наук (Б. А. Кротов, С. Д. Левина и А. Л. Яницкий). Данные относительно химического состава руд и минералов и определения удельных весов, приведенные в отчетах сотрудников этой группы, и использованы нами при составлении настоящего описания.

В 1937 г. и отчасти в 1938 г. работы Академии Наук на Мало-Халиловском месторождении продолжались автором<sup>1</sup>.

Изучение рудной толщи здесь облегчается тем, что рудное тело хорошо вскрыто у западной границы семью очистными выработками

\* ИГН. Выпуск 67. Серия рудных месторождений (№ 6) 1941.

<sup>1</sup> В работах принимали участие студентка МГРИ В. А. Калганова и студентка МГУ Т. В. Власова (в 1937 г.).

(карьерями), в которых можно наблюдать строение рудной толщи и ее взаимоотношения с подстилающими и покрывающими породами. Для выяснения распространения типов руд на площади месторождения было задано несколько горных выработок (дудок) по двум основным разведочным линиям, в дополнение к старым выработкам, отвалы которых дают хорошее представление о характере пройденных руд. За отсутствием доброкачественной топографической основы геологическую съемку пришлось вести глазомерным способом, используя при этом план расположения горных выработок.

### Орографические сведения

В орографическом отношении Халиловский район представляет собою всхолмленную почти равнину. Здесь, как и на всем правобережье Орского Урала, мы встречаем возвышенные водораздельные плато (сырты) и слабо бугристые склоны долин рек. Абсолютные отметки водоразделов достигают 400—420 м, при относительных превышениях их в пределах от 50 до 170 м. Русло р. Губерли, являясь самым низким пунктом в районе, имеет абсолютную отметку 240 м.

Отдельные холмы и гряды высотой 20—80 м, развитые на правом и левом склонах долины р. Губерли, отличаются довольно пологими склонами и мягкими очертаниями. Они протягиваются чаще всего перпендикулярно к пойменной части долины, в северо-восточном направлении. Между этими холмами и грядами располагаются балки и впадины, часто заполненные делювиальным и аллювиальным материалом. На планшете Мало-Халиловского месторождения три возвышенные гряды веерообразно сходятся в северо-восточной его части. Они сложены юрскими континентальными песчано-глинистыми породами, серпентинитами, диабазами и амфиболитами, причем все эти кристаллические породы выступают на дневную поверхность только на юго-западных оконечностях этих гряд, по направлению же на северо-восток они погружаются и покрываются юрскими осадочными образованиями. Одна из этих гряд, наиболее высокая, разделяет планшет и площадь рудного тела на две неравные части. Эти гряды разделяются соответственно неглубокими сухими логами, впадающими с левой стороны в р. Губерлю.

Характер рельефа местности здесь очень сильно зависит не только от направления стекающих вод, но и от степени устойчивости горных пород, слагающих район. Наиболее устойчивы габбро, габбро-диабазы, диабазы и силицифицированные серпентиниты. Менее устойчивыми, легко поддающимися эрозионным процессам породами являются серпентиниты, карбонатизированные серпентиниты и юрские и меловые осадочные образования — пески, алевроиты и глины.

Габбро и диабазы, прорывающие в некоторых местах серпентиниты, всегда образуют холмы, небольшие сопки и гряды, тогда как серпентиниты слагают собою пониженные участки рельефа. При этом среди самих серпентинитов, если отсутствуют выходы габбро и диабазов, наблюдаются также повышенные и пониженные участки: первые приурочены к силицифицированным серпентинитам, вторые — главным образом к карбонатизированным серпентинитам. Иногда частое чередование повышенных и пониженных участков создает характерный мелкосопочный рельеф. Кое-где среди карбонатизированных серпентинитов можно наблюдать карстовые воронки.

Речная сеть в Халиловском районе слабо развита. Река Губерля, протекающая по западной части планшета Мало-Халиловского месторождения и, повидимому, смывшая значительную часть рудной залежи, маловодна и имеет незначительные притоки. В пределах месторождения ее притоками являются два небольших ручья: в северной части планшета протекает ручей Япал-акла, отделяющий Мало-Халиловское место-

рождение от Промежуточного; в южной части планшета безымянный ручей является естественной южной границей месторождения.

Уровень грунтовых вод находится на большой глубине, судя по старым шахтам, пройденным при добыче хромитов в серпентинитах, на глубине 40—60 м, т. е. ниже рудной толщи. Приток здесь ничтожен. В осадочных юрских и меловых породах, покрывающих рудные залежи, водоносные горизонты отсутствуют. Это благоприятное для эксплуатации месторождения обстоятельство создает, однако, затруднения в обеспечении рудника и рабочего поселка водой.

### Геологическое строение района месторождения

В геологическом строении района месторождения принимают участие палеозойские серпентиниты, диабазы, амфиболиты, юрские континентальные образования (глины, алевроиты, пески и песчаники) и четвертичные аллювиальные отложения (см. геологическую карту, фиг. 1).

### Палеозойские породы

Серпентиниты образуют в Халиловском районе массив площадью более 100 км<sup>2</sup>, который своей восточной окраиной заходит на территорию Мало-Халиловского месторождения в западной его части. В северо-западном углу планшета серпентиниты сменяются амфиболитами и песчано-глинистыми отложениями юры, на восток они уходят под юрские осадочные породы, а с юга их сменяют диабазы и четвертичные наносы. В южном конце планшета серпентиниты, совместно с диабазами, выступают в виде небольшой гряды северо-восточного направления, длиной в 400 м, шириной в 50—60 м. Неровно волнистая поверхность серпентинитов слабо наклонена на восток (под углом 3—5°) и, уходя под юрские осадки, образует постель рудной толщи и песчано-глинистых образований.

На поверхности серпентинитов, подвергшихся длительному влиянию атмосферных агентов и грунтовых вод, мы часто встречаем карбонатизированные, силицифицированные, нонtronитизированные и охристые ожелезненные их разности, которые в совокупности образуют кору выветривания серпентинитов.

Серпентиниты, повидимому, неоднократно подвергались боковому давлению. Как следствие этого давления в них широко развиты трещины отдельностей с преобладающими элементами залегания: 1) простирание СЗ 350°, угол падения 75—80° СВ; 2) простирание СВ 50°, угол падения 30—40° ЮВ; 3) простирание СВ 80°, угол падения 85° ЮВ.

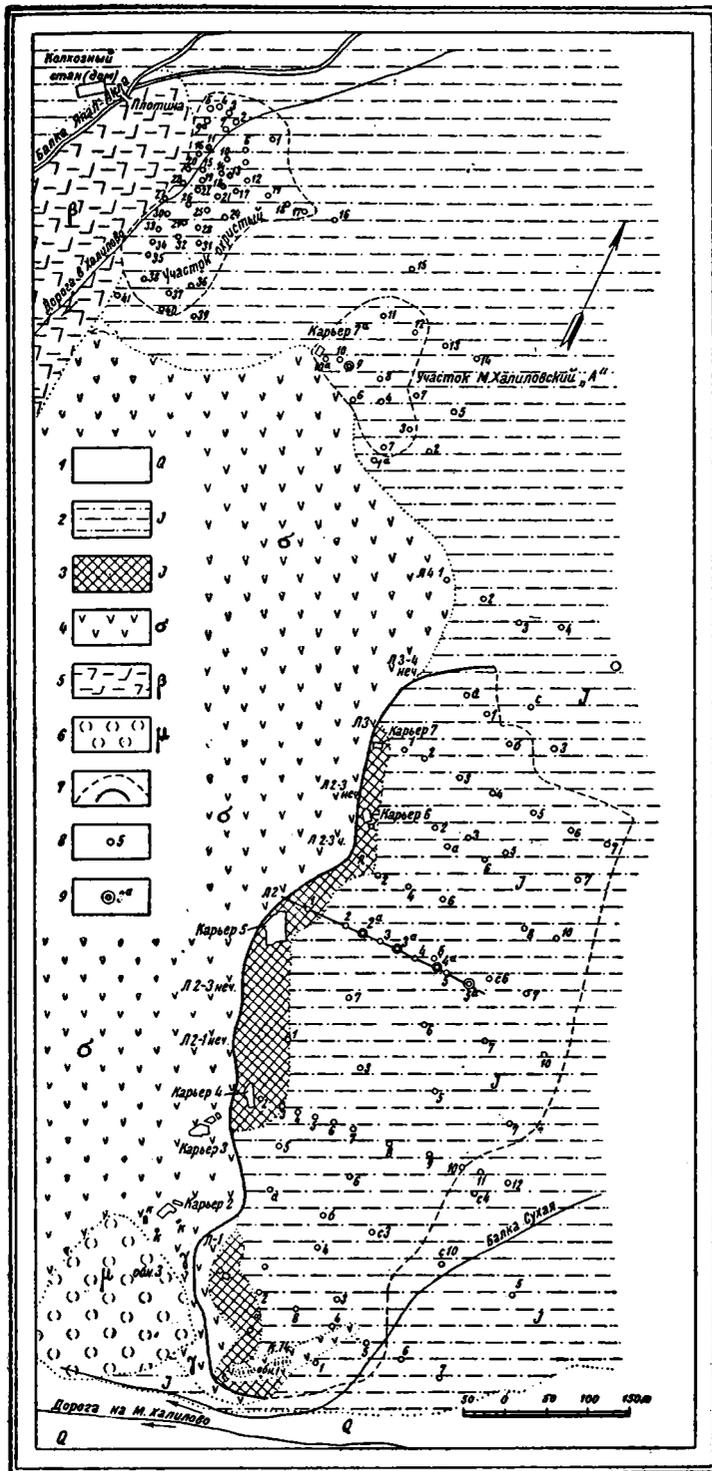
В южной части месторождения трещины отдельностей серпентинитов, расположенных недалеко от контакта с диабазами, имеют простирание СЗ 350° и 290° и угол падения 80—85° на ЮЗ.

Иногда, чаще всего на контактах серпентинитов с интрузивными телами — габбро и диабазами, наблюдаются даже слегка рассланцованные и смятые серпентиниты. Часто серпентиниты пронизаны мелкими прожилками поперечно-волоконистого хризотил-асбеста.

Микроскопические наблюдения показывают, что среди неизменных серпентинитов мы можем выделить хризотилловые и антигоритовые разности, причем последние встречаются очень редко.

Среди богатых оливином серпентинитов в южной части планшета встречаются линзообразные и жиллообразные залежи хромита, которые разрабатывались до 1934 г.

По мнению В. С. Коптева-Дворникова и Д. Г. Ульянова (1932), в Халиловском районе серпентиниты, в которых главную роль играют хризотил и пироксены, образовались за счет перидотитов (точнее гарцбургитов), серпентиниты же, среди которых довольно часто встречается



Фиг. 1. Геологическая карта Мало-Халиловского месторождения, 1937 г.

1—четвертичные отложения; 2—юрские глины, пески, суглинки, галечник; 3—руда железная; 4—серпентиниты; 5—амфиболиты рассланцованные; 6—диабазы; 7—границы рудного тела по данным прежней разведки; 8—дудки, пройденные предыдущей разведкой; 9—дудки, пройденные отрядом Акад. Наук.

оливин и почти отсутствуют пироксены, ведут свое начало от дунитов. Эти же авторы считают, что перидотито-дунитовая интрузия вторглась в нижнепалеозойскую толщу в карбоновое время. Эта нижнепалеозойская вмещающая толща представлена в районе спилитами, различными кристаллическими сланцами, кварцитами и туфами. В пределах месторождения эти породы смыты, но встречаются в 3—5 км к северу и к югу от него. Серпентиниты, по их мнению, были прорваны диабазами, габбро и плагиоклазитами также в карбоновое время, но позднее. Эти породы являются дифференциатами одной и той же основной магмы, из которой образовались и дуниты и перидотиты.

Диабазы прорывают серпентиниты и образуют штоки и мощные дайки. Выходы их обнаружены в пределах южной части месторождения, где ими сложены дайка и шток (фиг. 1). Дайка, длиною в 200 м и шириною в 15—20 м, имеет северо-восточное простирание и выходит на дневную поверхность совместно с вмещающими ее серпентинитами, немного возвышаясь над юрскими осадочными образованиями. Шток достигает в поперечнике 350 м и образует невысокую сопку (20—25 м) среди серпентинитов.

Порода имеет диабазово-зернистую структуру. Нужно отметить, что главными составными частями породы являются плагиоклаз-лабрадор (70%) и авгит (20%), все же остальные минералы (актинолит, хлорит, серицит, магнетит) составляют не более 10% от состава породы.

Амфиболиты встречены в северо-западном углу карты (в 200 м на север от сел. Мало-Халилово). Здесь они образуют высокую гряду северо-восточного направления и являются границей распространения руд месторождений, Промежуточного и Мало-Халиловского.

По внешнему виду амфиболиты очень похожи на габбро. Они представляют собой плотную темнозеленоватую мелкозернистую породу с сланцеватой текстурой, обусловленной чередованием более светлых, полевошпатовых полос с более темными роговообманковыми.

Минералогический состав амфиболитов аналогичен роговообманковому габбро, что дает основание предполагать, что они образовались за счет изменения последних при динамометаморфических процессах. Амфиболиты, подобно серпентинитам, с поверхности подверглись выветриванию с образованием коры выветривания.

### Древняя кора выветривания

Древняя кора выветривания серпентинитов на Мало-Халиловском месторождении представлена главным образом карбонатизированной и выщелоченной зонами. Охристая, нонтронитовая и окремненная зоны на большей части площади планшета повидимому смыты и встречаются лишь отдельными небольшими участками, скрытыми под осадочной рудной толщей.

Охристые серпентиниты сохранились лишь в небольших углублениях среди карбонатизированных серпентинитов и выступают в карьерах № 4, 5 и 6, на площади в несколько десятков квадратных метров. Мощность их от 0.3 до 0.5 м, изредка 1.5 м. Среди желтовато-буровой охристой рыхлой массы иногда встречаются сохранившиеся кварцевые прожилки, которые образуют твердый сетчатый остов. В составе их главную роль играют гидрогетит и кварц, подчиненное значение имеют кальцит, магнезит, серпентин, нонтронит и хлорит.

Нонтронитовая зона, также сохранившаяся лишь в углублениях, выступает в карьерах № 5 и 6 и в некоторых дудках в виде рыхлой сыпучей массы зеленоватого цвета, преимущественно состоящей из гидрогетита и нонтронита. Кроме того, здесь всегда присутствует кварц, кальцит, магнезит и хлорит, серпентин, хромшпинелид, магнетит и редко гидротематит.

Окремленные серпентиниты выходят в средней части планшета, с юго-западной стороны, где они частично подстилают рудную толщу. Почти всегда они пропитаны гидроокислами железа и по внешнему виду напоминают ожелезненные сливные кварциты бурого цвета. Выщелоченные их участки имеют пористое и ноздревато-сетчатое строение. Главную роль в их составе играют кварц, гидрогетит и отчасти гидрогематит. Присутствуют также хризотил, хлорит, нонтронит, магнетит и хромшпинелиды.

Карбонатизированные серпентиниты в виде светлосерой, слабо обожженной породы почти на всей площади месторождения подстилают рудную толщу. Развитые в них карстовые воронки и углубления, часто выполненные охристыми и нонтронитизированными серпентинитами или тонкослоистыми рудами, в сочетании с выступами придают волнистый характер поверхности серпентинитов. Карбонатизированные серпентиниты состоят из серпентина, магнезита, кварца, халцедона, хлорита, бастит, пироксена, хромшпинелидов, магнетита, гидрогетита и гидрогематита. Часто порода сохраняет первоначальную структуру серпентинитов.

На диабазах рыхлых продуктов коры выветривания не сохранилось, они смыты. Изменение диабазов выражается в ожелезнении их на глубину до 3—5 м, при котором первичная структура сохраняется, но утрачивается плотность породы. В составе измененных диабазов на ряду с первичными минералами большую роль играют гидроокислы железа (гидрогетит, гидрогематит), заполняющие промежутки между ними или замещающие их по трещинам.

Древняя кора выветривания амфиболитов сохранилась лишь во впадине, под прикрытием юрских пород, на так называемом «охристом» участке. Здесь эта кора достигает мощности 3—4 м, и ее продукты послужили материалом для образования желтой охры и бобово-оолитовых брекчиевидных руд. В верхней части, превращенной в охристый слой, первичные минералы нацело замещены гидроокислами железа и хлоритами. В нижележащем слое коры первичные минералы частично сохраняются, сохраняется также кое-где и первичная структура породы. Этот слой постепенно переходит в слабоизмененные или в совершенно неизмененные амфиболиты.

В составе коры выветривания амфиболитов главную роль играют гидрогетит и хлорит, затем идут гидрогематит, магнетит, разрушенные полевой шпат, роговая обманка и глинистое вещество.

### Мезо-кайнозойская толща

Юрские осадочные породы слагают восточную и северную части планшета. Они залегают на палеозойских серпентинитах и представлены глинами, алевролитами, песками, песчаниками и железорудной толщей. Все эти породы являются континентальными образованиями. Мощность юрской толщи возрастает постепенно с запада на восток. У западной границы она сходит почти на-нет, а по направлению на восток, еще в пределах рудного контура достигает 20—25 м. Строение и чередование различных слоев этих пород хорошо видно из следующей колонки, составленной по дудке 4а, линии 2 (сверху вниз):

- |  |       |
|--|-------|
| 1. Почвенно-растительный слой . . . . .  | 0.4 м |
| 2. Алевролит плотный желтоватый, с двумя прослойками плохо окатанной гальки . . . . .  | 1.4 » |
| 3. Алевролит рыхлый серо-желтоватого цвета, слюдистый, в подошве принимает розовую окраску . . . . .   | 1.4 » |
| 4. Глина темносерая слюдистая, с углистыми растительными остатками, вверху плотная и вязкая, книзу менее вязкая, с увеличивающимся количеством слюды. По всему пласту наблюдаются вертикальные охристые ходы — следы корней растений . . . . . | 2.2 » |

5. Алеврит серый, уплотненный, слюдястый. В средней части слоя окраска желтоватая. На отдельных прослойках наблюдается косая слоистость	7.8 м
6. Песок темносерый мелкозернистый, тонкослоистый. У подошвы слоя изредка встречаются небольшие песчанисто-железистые конкреции	2.0 »
7. Песок среднезернистый желтовато-красный, местами слегка сцементированный. У подошвы слоя расположены две песчано-железистые плиты, мощностью каждая до 10 см	1.85 »
8. Глина серая вязкая с растительными углистыми остатками и с тонкими прослойками песчано-железистых образований	0.3 »
9. Рудная толща, представленная бобово-оолитовыми и слоистыми рудами	3.15 »
10. Кора выветривания серпентинитов, ожелезненная и рыхлая	0.20 »
11. Серпентинит окремненный.	

Аналогичные разрезы мы имеем и по другим дудкам, изменяются лишь мощности отдельных пород. Несколько отличен разрез на так называемом участке «А», в карьере № 7а. Здесь среди юрской толщи встречаются песчаники, не наблюдавшиеся ни на данном, ни на соседних месторождениях. В этом разрезе идут сверху вниз:

1. Почвенный слой	0.3 м
2. Алеврит бело-сероватый слюдястый	0.4 »
3. Алеврит, окрашен солями железа в буровато-коричневый цвет, содержит железисто-песчанистые корочки	0.9 »
4. Песчаник желто-сероватый плотный	0.5 »
5. Рудная толща, состоящая из бобовых и слоистых руд	2.2 »
6. Серпентинит разрушенный, карбонатизированный.	

Следовательно, рудная толща в этом карьере покрывается песчаником, тогда как на других участках и в других месторождениях над рудой обычно залегают темносерые углистые глины, постепенно переходящие в рудную толщу. Но и на этом участке («А») песчаники не имеют широкого распространения и в дудке 9, расположенной в 70 м к северу от этого карьера, они уже не наблюдаются.

Все юрские осадочные породы лежат почти горизонтально или имеют незначительный наклон (в 3—5°) на восток.

Четвертичные алювиальные отложения располагаются в южном конце планшета по долине безымянного ручья, названного нами «Сухой балкой». Здесь они представлены глиной, алевритом, песком и плохо окатанным галечником, которые чередуются между собою без видимой закономерности. Мощность этих отложений колеблется от 3 до 10 м. Кроме того, по углублениям и впадинам среди серпентинитов располагаются делювиальные наносы, представленные суглинками и плохо окатанными и совсем не окатанными обломками серпентинитов, бурых железняков, диабазов и других пород.

### Тектоника

Тектонические явления в пределах месторождения выражены слабо и целиком зависят от тектонических процессов, происходивших в различное время на территории восточного склона Южного Урала. По мнению ряда авторов (А. В. Хабаков, В. С. Коптев-Дворников и др.), перидотитовая интрузия, превращенная впоследствии в серпентиниты, внедрилась в расслабленную зону нижнепалеозойских пород в карбоновое время. Позднее серпентиниты были прорваны габбро-диабазами, образующими штоки и дайки. Более поздние тектонические усилия проявились в смятии местами серпентинитов (например, в южном конце планшета), в рассланцевании габбровых штоков и в превращении их в амфиболиты.

В триасовое, повидимому, время район месторождения стал погружаться, и в юрское и меловое время зона погружения явилась областью

накопления осадков. В третичное время (альпийский цикл горообразования) тектоническая деятельность в районе проявилась в дизъюнктивных дислокациях с образованием разрывов сбросо-взбросового характера. Такие разрывы зафиксированы среди третичных пород в 1.5 км к северо-востоку от месторождения и на соседних Промежуточном и Ново-Киевском месторождениях.

В пределах же Мало-Халиловского месторождения мы находим лишь небольшие ступенчатые сбросы среди серпентинитов, которые повлекли за собой нарушение сплошности в пластах железорудной толщи. Подобный сброс наблюдался нами в дудке 4а линии 2, где в западной стенке обнажаются окремненные серпентиниты (отвесной стеной), а в восточной стенке вначале выступают бобово-оолитовые, а затем слоистые руды. Другой подобный сброс встречен в юго-восточном борту карьера № 5. Здесь также с одной стороны опущены рудные пласты и лежащие обычно вверху, бобово-оолитовые руды соприкасаются впритык с нижним горизонтом рудной толщи с тонкослоистыми рудами.

### Форма и размеры рудных тел

В Мало-Халиловском месторождении рудная толща вскрыта на трех обособленных участках (фиг. 1). Один из них, наибольший, площадью в 1.2 км<sup>2</sup>, расположен в южном конце Мало-Халиловского планшета; другой, площадью около 0.10 км<sup>2</sup>, находится в 0.5 км на север от первого; третий, площадью около 0.12 км<sup>2</sup>, расположен в 0.25 км на север от второго, его рудная залежь своей северной частью обнажается у обрыва балки Япал-акла. Первые два участка были вскрыты при разведке железорудных месторождений, третий — при разведке на охру, почему он и получил название «Охристого участка». Второй (средний) участок, с площадью в 0.10 км<sup>2</sup>, мы будем для краткости называть участком «А», а первый — большим Мало-Халиловским. Промежутки между ними остались не разведанными, так как юрские осадочные образования здесь достигают большей мощности (30—40 м) и образуют водораздельные небольшие гряды. Не исключено, что рудная толща залегает и под неразведанными участками, образуя цельную железорудную полосу на всем Мало-Халиловском месторождении.

Форма и размеры рудных тел на всех участках месторождения легко устанавливаются благодаря наличию большого количества горно-разведочных выработок (карьеров и дудок), пройденных при разведке и эксплуатации.

На большом участке хорошо прослежена западная и южная границы, тогда как северная и восточная не совсем ясны. Западная граница рудной толщи уточнена многими канавами и семью карьерами. Здесь рудная толща выходит на дневную поверхность и на склоне долины р. Губерли имеет эрозионный срез. С юга ее естественной границей является поперечный выступ серпентинитов и диабазов и балка «Сухой лог» (древнее русло р. Губерли). На восток поведение рудной толщи не вполне выяснено, так как она уходит под мощный покров осадочных юрских пород и не прослежена в достаточной мере выработками. Поэтому восточная граница этого участка, проведенная на карте пунктиром, должна считаться условной и нуждается еще в уточнении при детальной разведке месторождения.

Северная граница рудной залежи, проведенная на плане по линии 3—4, является также условной; рудная толща, повидимому, уходит здесь под юрские песчано-глинистые породы.

Промышленная часть рудной залежи имеет форму вытянутого неправильного прямоугольника, с максимальной длиной 1.8 км и максимальной шириной в 0.8 км. Площадь контура приблизительно равна 1.2 км<sup>2</sup>.

Рудное тело представляет пластовую залежь с волнистой нижней поверхностью (подошвой) и не совсем ровной кровлей пласта. Максимальная мощность залежи 4.5 м, минимальная 1 м, средняя 2.7 м.

На участке «А» западная граница рудного тела прослежена при помощи канав, дудок и одного карьера. Здесь руда почти выходит на поверхность, и ее распространение на западе органичивается выходом серпентинитов. Что же касается северной, южной и восточной границ, то они были проведены нами условно, основываясь на отвалах старых дудок (фиг. 1). Возможно, что рудные пласты уходят за пределы контура, скрываясь под мощными осадками юры. Пунктирная линия на плане ограничивает только промышленную часть залежи, т. е. ту часть ее, которая имеет мощность не ниже одного метра. Площадь контура приблизительно составляет 0.10 км<sup>2</sup>. Максимальная мощность рудной толщи в пределах промышленного контура равна 7 м, минимальная 1 м, средняя мощность 4.5 м.

На Охристом участке с запада рудная залежь ограничена выступом амфиболитов, с севера, — балкой Япал-акла, а по направлению на юг и на восток она уходит под мощную толщу юрских пород. Этот участок имеет неправильную, вытянутую в меридиональном направлении форму. Оконтуренная площадь занимает 0.12 км<sup>2</sup>, максимальная длина ее 0.55 км, ширина 0.2 км. Максимальная мощность рудной залежи равна 3.5 м, минимальная 1 м, средняя 2 м.

Следует отметить, что проведенные пунктиром границы для всех трех рудных залежей условны и лишь приблизительно отражают в плане контуры этих залежей. В пределах этих границ рудные тела имеют наибольшую мощность и здесь же горные выработки достигают наибольшей густоты. При детальной разведке этого месторождения необходимо будет проследить детальнее поведение рудных тел на восток и на север от условных границ этих залежей. При этом нельзя будет ограничиться проходкой дудок, так как мощность покрывающих пород достигнет 25—45 и более метров. Необходимо будет прибегнуть к проходке буровых скважин глубиной до 45—60 м и контрольных шурфов с креплением на ту же самую глубину.

Взаимоотношения рудной толщи с подстилающими серпентинитами и покрывающими юрскими осадками те же, что и на Промежуточном месторождении. Здесь также граница рудной толщи с серпентинитами резкая, хотя не всегда это бросается в глаза. Если тонкослоистые руды залегают на охристой зоне коры выветривания серпентинитов, то граница между ними устанавливается с трудом. Отличительным признаком в данном случае может служить то, что руды всегда сохраняют слоистое сложение, обладают большой плотностью, не рассыпаются в пыль от удара молотка и отличаются пестрой окраской, зависящей от того, что отдельные прослойки сложены то зеленым хлоритовым, то красным гидрогематитовым, то желтовато-бурым гидрогетитовым веществом. С другой стороны среди охристой массы встречаются иногда кварцевые прожилки и участки с реликтовой сетчатой структурой серпентинитов. Различие в этих двух породах (рудах и охристой коре) устанавливается и по минералогическому и химическому составу. В тонкослоистых рудах в большом количестве находится хлорит и почти отсутствует нонтронит. Здесь часто тонкими прослойками располагаются окатанные зерна кварца, хромшпинелидов и магнетита; в охристой коре хлорит очень редок, чаще встречаются нонтронит и неокатанные зерна хромшпинелидов, магнетита и кварца. В тонкослоистых рудах устойчивое содержание железа (около 42%), глинозема (9%) и кремнезема (9%), тогда как в составе охристой коры такого постоянства мы не наблюдаем: содержание железа колеблется от 15 до 58%, кремнезема очень много, от 15 до 68%, в среднем 25%, глинозема, наоборот, очень мало, в среднем 2.5—3%.

Все эти признаки (строение, плотность, минералогический и химический состав) дают возможность установить границу между тонкослоистыми рудами и охристой зоной коры выветривания с достаточной точностью, и эти же признаки показывают различие в условиях образования тонкослоистых (осадочных) руд и охристой (остаточной) зоны коры выветривания серпентинитов. В тех случаях, когда тонкослоистые (или грубослоистые) руды залегают на нонтронитовой, окремненной или карбонатизированной зонах коры выветривания серпентинитов, граница между рудами и этими зонами хорошо устанавливается по различной окраске, структуре и плотности этих пород. Если же бобово-оолитовые руды залегают на серпентинитах, то граница резко заметна по различию в структуре этих пород.

Взаимоотношения рудной толщи с покрывающими юрскими породами носят иной характер. Здесь мы наблюдаем в большинстве случаев постепенный переход рудной толщи в вертикальном направлении в юрскую песчано-глинистую толщу. В нижних слоях последней (чаще в глинах) встречаются редко сидящие гидрогетитовые бобы и оолиты, которые по мере приближения к рудной толще увеличиваются в числе и затем уже сменяются бобово-оолитовыми рудами. Иногда в верхних частях слоя бобово-оолитовых руд встречаются небольшие прослойки черных углистых глин, песков и алевритов. Такой характер взаимоотношений покрывающих пород с рудной толщей указывает на идентичность их условий образования: процесс осаднения руд в бассейне сменился без всякого перерыва процессом отложения песчано-глинистых юрских пород.

### Строение рудной толщи

В рудной залежи руды различных типов залегают в определенной последовательности. В общих чертах идеализированная колонка рудной толщи имеет следующее строение (сверху вниз): 1) глинистая бобовая руда, 2) бобово-оолитовая руда, 3) псевдобобовая руда, 4) грубослоистая руда, 5) тонкослоистая руда.

Но не везде выдерживается полностью эта колонка. В некоторых местах выпадают из разреза то глинистые, то псевдобобовые, то тонкослоистые руды. Бобово-оолитовые и грубослоистые руды являются наиболее выдержанными и прослеживаются на всех рудных площадях.

На колонках (фиг. 2 и 3) составленных по карьерам № 5 и 6, видно, что в карьере № 5 отсутствуют глиноземистые руды, а в карьере № 6 выпадают из колонки псевдобобовые руды.

Если проследить рудную толщу в меридиональном направлении, то мы увидим, что бобовые руды выступают во всех карьерах (1, 4, 5, 6 и 7), расположенных у западной границы большого Мало-Халиловского участка. Слоистые же руды ведут себя иначе: в карьере № 1 они представлены всеми своими разновидностями (грубослоистыми и тонкослоистыми), в карьере же № 4 выступает в одном лишь месте небольшой слой (0,5 м) грубослоистых руд, после чего в карьерах № 5 и 6 они снова представлены полностью. Далее к северу, в карьере № 7, эти руды отсутствуют. Глиноземистые руды появляются в карьере № 6 и прослеживаются до карьера № 7, по направлению же к югу от карьера № 6 эти руды отсутствуют во всех выработках.

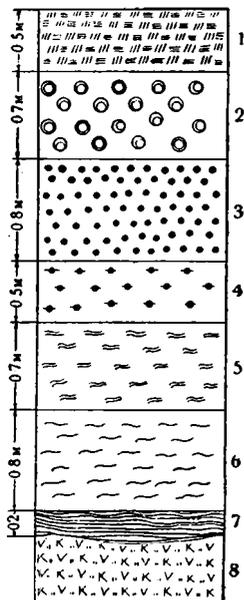
В широтном направлении, в разрезе по линии 2 (фиг. 4) глиноземистые руды прослежены от дудки 1 до дудки 2а. Бобово-оолитовые и грубослоистые руды встречаются во всем разрезе (от дудки 1 до дудки 5). Тонкослоистые руды на интервале от дудки 2 до дудки 3а из разреза выпадают, и вместо них здесь появляются охристые руды (кора выветривания серпентинитов).

На участке «А» глиноземистые бобовые руды встречаются в западной половине, бобово-оолитовые и грубослоистые руды распростра-

нены почти на всей площади, а тонкослоистые руды встречаются лишь в дудке 9.

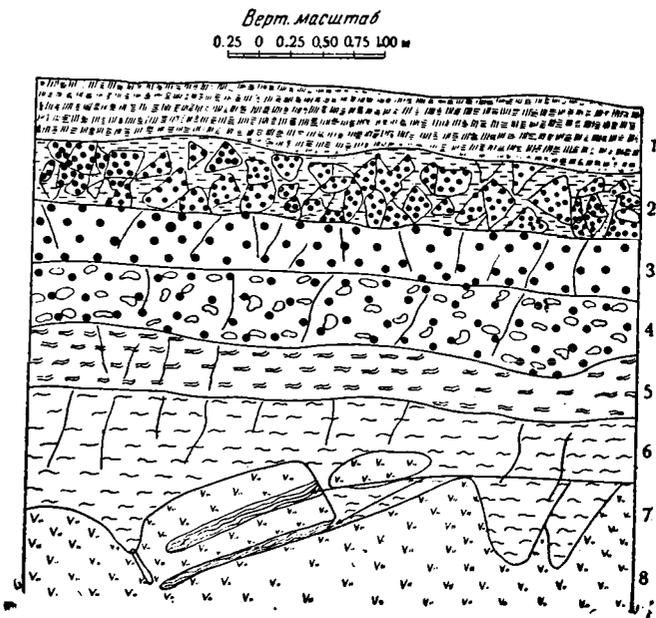
На Охристом участке в восточной половине располагаются глиноземистые брекчиевидные бобовые руды, а грубослоистые руды распространены главным образом в южной половине участка. В северной части участка распространены главным образом легковесные светложелтые охры.

В заключение этого раздела необходимо сказать, что резких границ между отдельными слоями руд не существует. Глиноземистые руды в



Фиг. 2. Колонка рудной толщи в карьере № 5

1—почвенный слой; 2—руда бобовая конкреционно-жеодистая, обохренная; 3—руда бобовая; 4—руда псевдобобовая; 5—руда грубослоистая; 6—руда тонкослоистая; 7—руда корковая; 8—кора выветривания серпентинитов, карбонати-зированная.



Фиг. 3. Колонка рудной толщи в карьере № 6

1—почвенный слой; 2—рудный элювий; 3—руда бобовая; 4—руда с редкими бобами и включениями гидрогетита; 5—руда грубослоистая; 6—руда тонкослоистая; 7—прослойки гидрогетитовый метасоматический; 8—кора выветривания серпентинитов, охристо-карбонати-зированная.

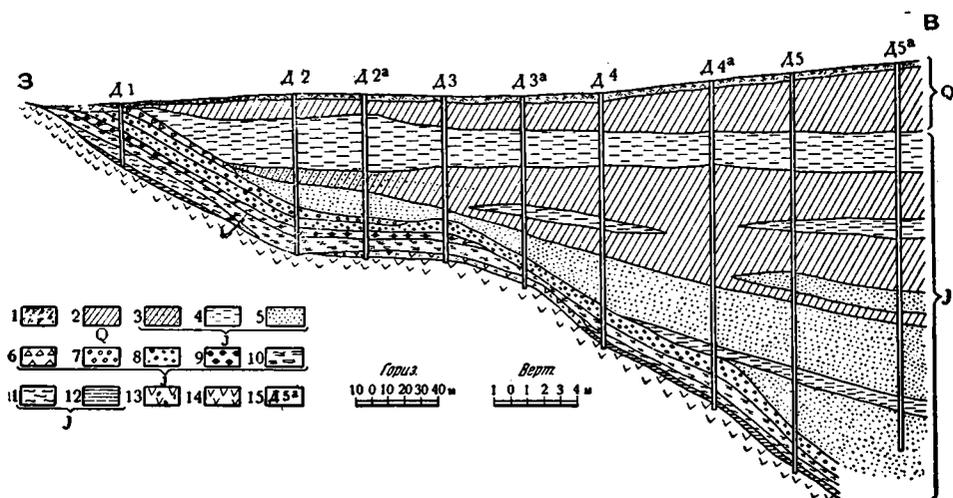
нижних частях слоя обогащаются гидрогетитовыми бобами и постепенно переходят в обычные бобово-оолитовые руды, а эти последние также постепенно переходят в грубослоистые или псевдобобовые руды. Среди грубослоистых и тонкослоистых руд часто встречаются небольшие линзы и прослойки бобово-оолитовых руд. Переход от грубослоистых к тонкослоистым рудам также постепенный. Отсутствие резких границ между отдельными слоями руд лишний раз свидетельствует о том, что эти руды имеют тесную генетическую связь и отложение их в водном бассейне шло без сколько-нибудь заметного перерыва.

### Минералогический состав руд

Все рудные залежи Мало-Халиловского месторождения по минералогическому составу сходны между собой. В их состав входят как рудные, так и нерудные минералы. Первые представлены гидрогетитом,

оренвертитом, гидрогоematитом, магнетитом, хлоритом, хромшпинелидами, псиломелан-вадом и марказитом. Самыми распространенными из них являются гидрогетит, гидрогоematит и хлорит. Нерудные минералы представлены большим количеством видов, но сколько-нибудь существенную роль играют лишь кварц и в меньшей мере гидраргиллит. Редко встречаются кальцит, сидерит, магнезит, каолинит, серицит, халцедон и совсем редко, в виде единичных, случайно занесенных зерен — биотит, рутил, циркон, тремолит, дистен, пироксен, титанит и турмалин. Нужно отметить, что хлорит, относящийся вообще к группе нерудных минералов, в Халиловских месторождениях играет существенную роль как «рудный» минерал, так как он иногда содержит в своем составе до 30% железа и составляет в некоторых слоях рудной толщи не менее 50%.

Гидрогетит. Этот минерал, встречающийся во всех типах руд, играет преобладающую роль в рудной толще. Он представлен следующими разновидностями: 1) охристой, 2) скрытокристаллической и 3) волокнистой.



Фиг. 4. Разрез по линии 2

1—почвенный слой; 2—алевриты; 3—алевриты; 4—глины; 5—пески; 6—рудный элювий; 7—руда глиноземистая; 8—руда бобовая; 9—руда псевдобобовая; 10—руда грубо-слоистая; 11—руда тонкослоистая; 12—руда корковая; 13—кора выветривания серпентинитов; 14—серпентиниты; 15—дудки, пройденные отрядом Акад. Наук.

Охристый гидрогетит представляет собой рыхлую, порошковатую массу буровато-желтого и светложелтого цвета. Он встречается во всех рудах, но главная его масса сосредоточена в самой верхней части слоя бобово-оолитовых руд и в охристой зоне коры выветривания серпентинитов (почему эта зона и получила название «охристых руд»). В верхнем слое бобовых руд охристый гидрогетит образует, совместно с плотными гидрогетитами, зонарные стяжения (фиг. 5). Эти стяжения, по мнению Б. П. Кротова, представляют продукт окисления сидеритов, которые в виде отдельных желваков и прослоек слагали верхнюю часть бобово-оолитовых руд. Подтверждением этого служат находки неизмененных сидеритов среди подобных же руд в Орловском месторождении.

Твердость охристого гидрогетита очень низкая (не более 1). Под микроскопом он представляет собой микрочешуйчатую массу, окрашенную в оранжево-буроватые тона и слабо реагирующую на поляризованный свет. Цвет порошка желто-бурый.

Химический анализ охристого гидрогетита, отобранного из псевдобобовых руд (карьер № 5, обр. 56), приведен в табл. 1.

Таблица 1

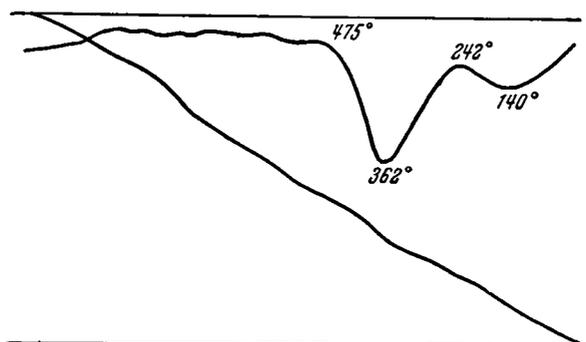
Химический состав охристого гидрогетита

Компоненты	Весов. %	Молек. колич.	Компоненты	Весов. %	Молек. колич.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	3.15	52	CaO . . . . .	0.20	3
TiO <sub>2</sub> . . . . .	следы	—	MgO . . . . .	0.40	10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2.05	20	NiO . . . . .	0.58	8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	73.80	461	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.10	—
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	5.22	34	SO <sub>3</sub> . . . . .	следы	—
FeO . . . . .	0.18	2	CO <sub>2</sub> . . . . .	0.22	5
MnO . . . . .	0.16	2	H <sub>2</sub> O . . . . .	13.79	766
			Сумма . . . . .	99.85	—

Анализ произведен в лаборатории ИГН АН СССР.

В этом образце кремнезем и глинозем следует отнести за счет хлорита, который всегда в виде тончайшей примеси встречается в охристом гидрогетите.

При исследовании хлоритов было установлено, что в их составе молекулярное количество воды обычно в 2—2.5 и 3 раза больше молекулярного количества кремнезема, а весовое количество окиси железа в 1.2, а иногда в 2 раза больше весового количества глинозема. Поэтому степень насыщения водой Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (за вычетом 156 молекулярных единиц H<sub>2</sub>O и 2.5% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, идущих на образование хлорита) будет выражаться следующим отношением: H<sub>2</sub>O : Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 610 : 445 = 1.37. Эмпи-



Фиг. 6. Кривая нагревания охристого гидрогетита

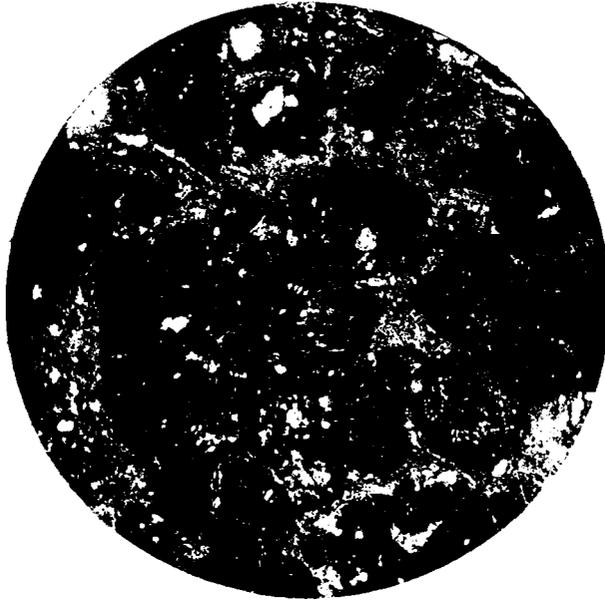
рическая формула этого гидрогетита будет иметь следующий вид: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·nH<sub>2</sub>O + nH<sub>2</sub>O, где n = 0.037 (или 3.7% весовых). Содержание воды в нем равно 13.81%. Из отношения и формулы видно, что образец представляет собою гидрогетит, приближающийся к теоретической формуле лимонита (2Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·3H<sub>2</sub>O), где отношение воды к окиси железа равно 1.5.

Для термического анализа была взята охристая масса из верхнего слоя бобово-оолитовых руд (карьера № 5). Кривая нагревания (фиг. 6), по исследованиям Е. Я. Роде (1938), является типичной для гидрогетита, с резко выраженной гетитовой эндотермической остановкой с максимумом при 362°.

Скрытокристаллический гидрогетит, макроскопически не обнаруживающий кристаллического строения, образует бобы, оолиты, плотные корочки, прожилки и неправильные скопления в бобовых, сло-



Фиг. 5. Стяжения охристого (серый) и плотного (черный) гидрогетита.



Фиг. 7. Радиально-лучистое строение плотного гидрогетита среди хлоритового цемента в бобовых рудах.  $\times 35$ .

истых и окристых рудах. Он представляет собой плотную массу темно-бурого или темножелезного цвета. Черта желто-бурая до темнобурой, иногда коричневатая. Твердость свыше 5. Удельный вес 4.03 (обр. К 7а — 2). Излом неровный и раковистый, блеск — от матового до металлического.

Под микроскопом в проходящем свете гидрогетит обнаруживает мелкокристаллическое строение (фиг. 7) и имеет красновато-желтый цвет. В очень плотных разностях, как, например, в некоторых бобах, и под микроскопом при обычном увеличении не удается наблюдать кристаллического строения.

В прожилках среди бобовых и окристых руд гидрогетит часто встречается совместно с изотропным эренвертитом, образующим самостоятельные участки, которые иногда переходят в кристаллические разности.

Более плотный гидрогетит хорошо полируется. В отраженном свете он имеет светлосерую окраску. Стальной иглой не чертится, не магнитен. Цвет внутренней рефлексии и цвет порошка желто-бурый. Явлений анизотропии не наблюдается. Химические реагенты (HCl и HNO<sub>3</sub>) не действуют; царская водка в течение 30 минут при нормальной температуре оставляет слабые следы травления.

Для химического анализа абсолютно чистого гидрогетитового вещества выделить не удастся, так как он почти всегда находится в тесном тонкодисперсном прорастании с другими минералами.

Для анализа в качестве наиболее подходящего материала взяты гидрогетитовые бобы, хотя и в них иногда наблюдаются включения (по тонким трещинам) хлорита, гидрогематита и др. Анализы таких бобов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Химический состав гидрогетитовых бобов

Компоненты	Обр. К. 7а — 2		Обр. Д 9—5	
	весов. %	молек. колич.	весов. %	молек. колич.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	3.35	56	2.00	33
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.84	4	1.23	15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	5.17	51	3.43	33
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	77.49	484	75.40	475
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0.80	5	1.08	7
FeO . . . . .	0.55	7	4.01	56
MgO . . . . .	0.21	5	0.31	8
MnO . . . . .	0.11	1	1.44	20
CaO . . . . .	следы	—	0.60	10
NiO . . . . .	0.05	1	0.24	3
CoO . . . . .	следы	—	0.04	1
S . . . . .	0.18	6	0.28	8
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.34	2	0.01	—
H <sub>2</sub> O . . . . .	11.19	621	10.43	580
Сумма . . . . .	99.78	—	100.50	• —

Сравнительно большое количество кремнезема и глинозема следует отнести за счет хлорита, который заполняет часто трещины в бобах или образует вокруг них каемки.

Для того чтобы установить степень насыщения гидрогетита водой, необходимо часть воды перечислить на хлорит и связать с ним некоторое количество Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Поэтому Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (за вычетом соответствующих количеств Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

и  $\text{H}_2\text{O}$ , идущих на хлорит) для образца К 7а—2 будет выражаться в следующих цифрах:  $\text{H}_2\text{O} : \text{Fe}_2\text{O}_3 = 509 : 460 = 1.11$ , а для образца Д 9—5  $\text{H}_2\text{O} : \text{Fe}_2\text{O}_3 = 514 : 460 = 1.12$ . Эмпирические формулы для этих образцов будут таковы: для образца К 7а—2  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + n\text{H}_2\text{O}$ , где  $n = 0.011$  (или 1.1% весовых); а для образца Д 9—5  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + n\text{H}_2\text{O}$ , где  $n = 0.012$  (или 1.2% весовых).

Приведенные выше отношения и формулы указывают на то, что бобы состоят из маловодного гидрогетита.

Что касается других примесей ( $\text{FeO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{NiO}$  и др.), то их также следует связывать с хлоритом, так как при анализе хлоритов установлено, что эти окислы всегда присутствуют в них, входя в состав решетки.

Некоторые бобы подвергались термическим исследованиям. Кривая нагревания (фиг. 8) и кривая обезвоживания (фиг. 9) имеют гидрогетитовый характер. На кривой обезвоживания в температурном интервале от 100 до 450° идет непрерывное удаление воды, что соответствует нескольким эндотермическим остановкам, проявляющимся приблизительно в том же температурном интервале, на кривой нагревания. Эти остановки, по исследованиям Е. Я. Роде (1936), обусловлены выделением воды (абсорбированной, цеолитной и входящей в решетку гетита).

Волокнистый гидрогетит встречается совместно со скрытокристаллическим гидрогетитом в пустотах, трещинах и жеодах в слое бобовых и псевдобобовых руд. Его кристаллическое волокнистое строение хорошо заметно макроскопически. Иногда волокна достигают в длину 2—3 см. Он образует волокнистые радиально-лучистые оторочки внутри жеод и трещин, причем оторочки всегда располагаются на корочках скрытокристаллического гидрогетита. Иногда в псевдобобовых рудах гидрогетит образует мелкие столбики и сростки их и нередко удлиненные сноповидные и веерообразные кристаллические агрегаты, которые располагаются среди хлорита. К этой разновидности гидрогетита относятся также концентрически скорлуповатые оолиты, так как они всегда имеют ясно выраженное кристаллическое строение. Кристаллический гидрогетит имеет темностальную окраску, полуметаллический блеск, твердость его 5.5.

Под микроскопом видно, как веерообразные игольчато-волокнистые кристаллы, располагаясь перпендикулярно стенкам пустот, постепенно переходят в скрытокристаллический гидрогетит. Характерно, что среди волокнистого гидрогетита не наблюдается никаких включений. Окраска его в проходящем свете красновато-оранжевая. Угасание волнистое, хорошо поляризуется. В отраженном свете имеет светлосерую окраску. Стальной иглой не чертится. Не магнитен. Внутренние рефлексы и цвет порошка желтовато-коричневые. Ясно анизотропен. В шлифах перпендикулярно волокнистости наблюдается друзовая структура отдельных кристаллов. Реагенты не действуют.

Химический анализ волокнистого гидрогетита из жеоды (карьер № 1) приведен в табл. 3.

Таблица 3  
Химический состав волокнистого гидрогетита

Компоненты	Весов. %	Молек. колич.	Компоненты	Весов. %	Молек. колич.
$\text{SiO}_2$ . . . . .	0.24	4	$\text{MgO}$ . . . . .	0.61	15
$\text{Al}_2\text{O}_3$ . . . . .	0.55	5	$\text{NiO}$ . . . . .	0.006	—
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ . . . . .	84.35	527	S . . . . .	0.02	—
$\text{MnO}$ . . . . .	2.23	31	$\text{H}_2\text{O}$ . . . . .	11.98	665
$\text{CaO}$ . . . . .	0.017	—	Сумма . . . . .	99.95	—

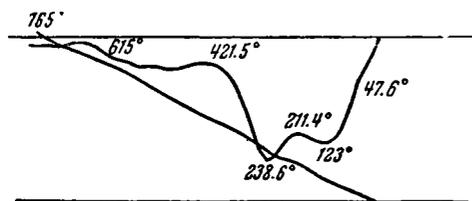
Аналитик Р. А. Найшуль.

В образце не обнаружено  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{TiO}_2$  и  $\text{FeO}$ . Степень гидратации  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  выражается отношением:  $\text{H}_2\text{O} : \text{Fe}_2\text{O}_3 = 1.26$ . Отсюда эмпирическая формула для этого гидрогетита будет иметь следующий вид:  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + n\text{H}_2\text{O}$ , где  $n = 0.026$ , или 2.6% весовых.

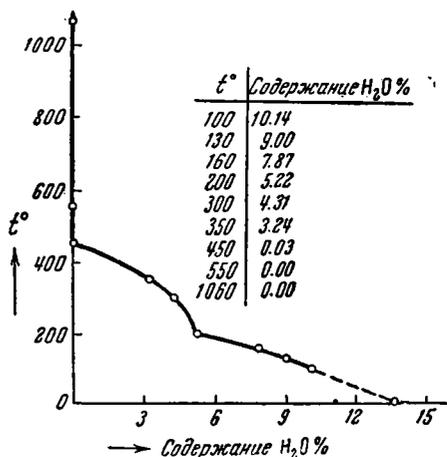
Подводя итоги рассмотрению группы гидрогетита, необходимо сказать, что во всех вышеописанных разновидностях гидрогетита количество воды колеблется от 11.21 до 13.8%, но никогда не достигает 14.43%, как это должно быть в лимоните ( $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ). Примерно в таких же пределах колеблется содержание воды в гидрогетитах и Ново-Киевского месторождения.

Эти данные почти полностью совпадают с данными А. А. Подсигник (1936), которые она приводит для гидрогетитов Алапаевских месторождений. Они подтверждают также выводы Б. П. Кротова относительно отсутствия среди минералов гидроокисной группы железа минерала, называемого лимонитом, с формулой  $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ .

Эренвертит находится в тесном сростании со скрытокристаллическим гидрогетитом и образует в его массе отдельные вкрапленники и небольшие участки, которые в периферии почти всегда раскристаллизованы.



Фиг. 8. Кривая нагревания гидрогематитовых бобов. Обр. 62



Фиг. 9. Кривая обезвоживания гидрогематитовых бобов. 106

Гидрогематит менее распространен в рудах, чем гидрогетит. Он встречается в бобовых и слоистых рудах и представлен двумя разновидностями: 1) охристой и 2) кристаллической.

Охристый гидрогематит в бобовых рудах встречается редко; совместно с хлоритом он цементирует бобы и иногда в жеодах слагает отдельные концентры или сердцевинные жеоды. Чаще наблюдается среди тонкослоистых руд, где образует небольшие прослойки или рассеян в виде тонких пленок и корочек между хлоритово-гидрогетитовыми прослойками руды. Охристый гидрогематит представляет собой охристо-глинистую массу кирпично- и бордово-красного цвета. Наиболее рыхлые его разности легко растираются пальцами и пачкают руки. Сильно липнет к языку. Твердость 1—2, удельный вес 3.5, черта красновато-коричневая. Под микроскопом кристаллическая масса красного цвета действует на поляризованный свет. Среди этой массы встречается иногда большое количество зеленоватых хлоритов и незначительное количество мельчайших зерен кварца и хромшпинелидов, причем в цементе бобовых руд хлорит встречается реже, а в слоистых рудах, среди гидрогематитовых прослоек хлорит иногда преобладает над гидрогематитом.

Для химического анализа совершенно чистый охристый гидрогематит выделить не удалось, так как в нем всегда присутствуют примеси хлорита, кварца, хромшпинелидов, в виде микроскопических включений.

Химический анализ красного гидрогематитового цементирующего вещества из бобовых руд (карьер № 5, обр. 576) приведен в табл. 4.

Таблица 4

Химический состав охристого гидрогематита

Компоненты	Весов. %	Молек. колич.	Компоненты	Весов. %	Молек. колич.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	3.00	50	MgO . . . . .	0.48	12
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.17	2	K <sub>2</sub> O . . . . .	0.04	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2.98	29	Na <sub>2</sub> O . . . . .	0.13	2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	85.58	534	SO <sub>3</sub> . . . . .	0.05	—
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1.63	10	NiO . . . . .	0.41	5
FeO . . . . .	3.82	51	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	нет	—
MnO . . . . .	0.31	4	CO <sub>2</sub> . . . . .	0.05	—
CaO . . . . .	0.23	4	H <sub>2</sub> O . . . . .	1.79	100
			Сумма . . . . .	100.67	—

Анализ произведен в лаборатории ИГН АН СССР.

В этом образце часть воды (до 20 единиц), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub> (около 1%) и все количество Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO следует связать с хлоритом; с ним связываются и многие примеси (MgO, CaO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и др.). Остаток воды (в количестве 80 единиц мол. кол.) идет на образование гидрогематита. Отсюда: H<sub>2</sub>O : Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 80 : 514 = 0.15. Из этого отношения видно, что в данном случае мы имеем дело с маловодным гидрогематитом.

Кристаллический гидрогематит встречается в бобовых рудах. Он образует бобы и отдельные участки среди гидрогематита. Бобы имеют черную блестящую поверхность, черта вишнево-красная. Твердость 5—6. Удельный вес 4.78. Под микроскопом этот гидрогематит кроваво-красного цвета, действует на поляризованный свет. В косом свете имеет темносерую окраску и металлический блеск. В этих боках часто наблюдаются включения гидрогематита, а по трещинам—кварца, хлорита, зерен магнетита. Бобы хорошо полируются, образуя блестящую поверхность. В отраженном свете обладают серовато-белой окраской. Стальной иглой не чертятся. Магнитны. Внутренние рефлексии красные и яркокрасные с иммерсионной жидкостью (кедровое масло). Цвет порошка красновато-оранжевый, яркий. Явления анизотропии проявляются слабо. Реагенты не действуют, царская водка в течение 1 часа оставляет слабые следы травления. Химический анализ этих бобов (обр. 8) дан в табл. 5.

Таблица 5

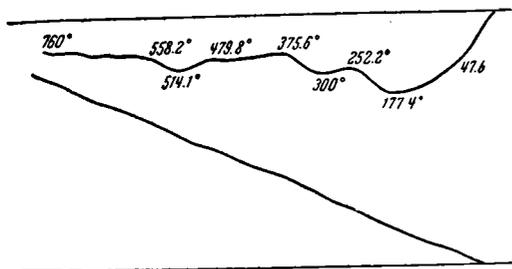
Химический состав кристаллического гидрогематита

Компоненты	Весов. %	Молек. колич.	Компоненты	Весов. %	Молек. колич.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	2.70	45	CaO . . . . .	0.50	9
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.07	1	MgO . . . . .	0.33	8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	3.85	38	SO <sub>3</sub> . . . . .	0.07	—
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	85.64	535	NiO . . . . .	0.39	5
FeO . . . . .	4.00	55	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.02	—
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1.59	10	CO <sub>2</sub> . . . . .	0.10	—
MnO . . . . .	0.29	4	H <sub>2</sub> O . . . . .	2.03	112
			Сумма . . . . .	101.58	—

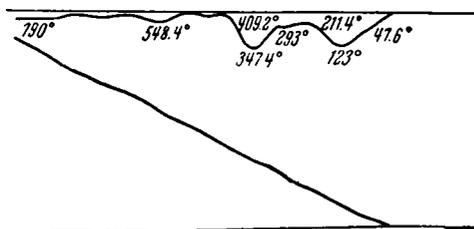
Анализ произведен в лаборатории ИГН АН СССР.

Из анализа видно, что и этот гидрогематит имеет почти такое же количество воды и примерно такое же количество примесей, как и предыдущая охристая разновидность гидрогематита.

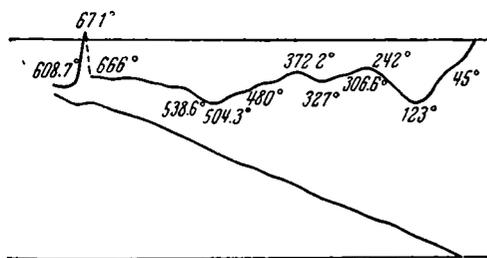
Охристый гидрогематит и гидрогематитовые бобы подвергались термическим исследованиям (Е. Я. Роде). Термограммы фиг. 10—14 (кривые нагревания и кривые обезвоживания) показывают, что удаление воды из гидрогематитов идет в две стадии. Кривые нагревания (фиг. 10, 11 и 12) в общих чертах аналогичны. В интервале от 45 до 252° они имеют по три точки перелома (при 45—47°, 123—177° и 211—252°). При более высокой температуре эти кривые ведут себя несколько раз-



Фиг. 10. Кривая нагревания охристого гидрогематита, взятого из железиты. Обр. 5—8



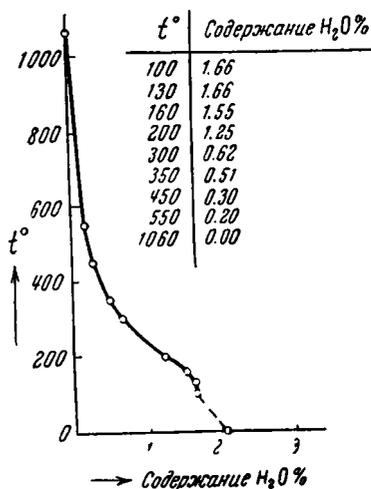
Фиг. 11. Кривая нагревания охристого гидрогематита из прослойки тонкослоистых руд. Обр. 5—40а



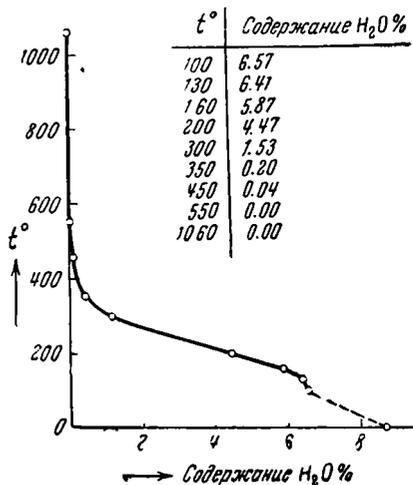
Фиг. 12. Кривая нагревания охристого гидрогематита (гидрогематитовый цемент из бобовых руд). Обр. 576

лично, что несомненно указывает на влияние примесей, содержащихся в образцах. Но, несмотря на некоторое различие, последующие более резкие эндотермические остановки происходят в близких температурных интервалах для всех трех кривых: одна из остановок с максимумами при 300°, 327°, 347.4°; другая — с максимумами при 514.1°, 504.3° и 548.4°.

На кривых обезвоживания (фиг. 13 и 14) удаление воды в сравнительно больших количествах идет приблизительно до температуры 450°.



Фиг. 13. Кривая обезвоживания и гидрогематитовых бобов. Обр. 57в



Фиг. 14. Кривая обезвоживания охристого гидрогематита (гидрогематитовый цемент из бобовых руд). Обр. 576

На кривой обезвоживания образца 576 (фиг. 13) имеется перелом при 130—160°, затем, начиная от 350 до 400°, имеется второй разрыв в ходе кривой обезвоживания. Эти разрывы почти соответствуют эндотермическим остановкам на кривой нагревания (фиг. 12).

Таким образом, удаление воды из вещества идет в две стадии. Вначале, при низких температурах идет непрерывное удаление воды (от 45 до 130°), затем, после перерыва (на кривых обезвоживания), снова идет удаление воды приблизительно от 160° до 350—400°. Эти кривые подтверждают гидрогематитовый характер исследуемых образцов.

Магнетит встречается во всех типах руд довольно часто, но в незначительных количествах. В бобовых рудах он представлен отдельными гальками или неправильными скоплениями; чаще он в виде мелких включений входит в состав гидрогематитовых и гидрогематитовых бобов. Кроме того, на Мало-Халиловском участке «А», в дудке 9, в одном из прослоев бобовых руд, магнетит образует черные рыхлые землястые бобы. Следует отметить, что в этой же дудке среди измененных бобовых руд часто наблюдаются неправильные скопления и прожилки плотного магнетита. Нередко здесь же по трещинам встречается и кристаллический магнетит. В грубослоистых рудах магнетит встречается в трещинах и пустотах, где образует прожилки, неправильные скопления (до 2—8 см в поперечнике), отдельные кристаллы и их агрегаты. В тонкослоистых рудах он рассеян в виде мельчайших обломочных зерен, располагающихся изредка по трещинам напластования. Таким образом, магнетит в рудной толще встречается в виде кристаллической, плотной тонкозернистой и зернистой разновидностей.

Кристаллический магнетит образуется в пустотах и открытых трещинах среди грубослоистых и бобовых руд. Кристаллы, в форме октаэдров, достигают иногда в поперечнике 0.8—1 см, чаще же имеют небольшие размеры (1 мм) и образуют щеточки. На гранях кристаллов хорошо выражена штриховка. На темной поверхности часто наблюдается голубовато-красноватая побежалость. Твердость 6, удельный вес 4.8, черта черная. Сильно магнитен.

Химический анализ кристаллического магнетита, отобранного среди грубослоистых руд в карьере № 5, дает следующие результаты (табл. 6):

Таблица 6

Химический состав кристаллического магнетита (в %)

Компоненты	Количество	Компоненты	Количество
SiO <sub>2</sub> . . . . .	0.91	MgO . . . . .	0.36
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.00	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.89
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0.00	NiO . . . . .	0.06
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	67.27	H <sub>2</sub> O+ . . . . .	0.53
FeO . . . . .	30.17		
MnO . . . . .	0.05	Сумма . . . . .	100.52
CaO . . . . .	0.28		

Из этого анализа видно, что отношение Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:FeO=2.2, т. е. соответствует таковому по теоретической формуле магнетита (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·FeO). Что же касается примесей (около 3%) в этом магнетите, то их нужно отнести за счет примазок охристо-рудной массы, от которой при отборе кристаллов все же не удалось освободиться. Образование в осадочной рудной толще кристаллического (и плотного) магнетита является несомненно необычным фактом, хотя в литературе имеются указания на образование магнетита в гипергенных условиях. Необычность эта усугуб-

ляется еще тем, что рудная толща после ее формирования не подвергалась никаким пиро-динамическим воздействиям. Повидимому, магнетит здесь в гипергенных условиях образовался из обычных растворов гидратов окиси железа под влиянием активной восстановительной (органической) среды (см. в этом сборнике статью Б. П. Кротова, Генезис Халиловских месторождений).

Плотный магнетит встречается в виде прожилков, неправильных скоплений и выделений среди грубослоистых и бобовых руд. Он представляет собой очень плотную, темностального цвета массу, имеет раковистый излом, металлический блеск. Удельный вес его 4.7, твердость 5, сильно магнитен. Черта черная. В проходящем свете не прозрачен. В отраженном свете имеет светлосерую окраску. Не чертится стальной иглой. Изотропен. Цвет порошка черный. При сплошном травлении соляной кислотой выявляется его мелкокристаллическое строение.

Землистый магнетит, как было уже указано, слагает бобы в прослойке бобовой руды (мощностью 0.8 м) на Мало-Халиловском участке «А». Этот прослойк залегает на глубине 14.2 м, среди бобовых брекчиевидных гидрогетит-хлоритовых руд. Покрывающий его верхний слой бобовых руд также содержит часто прожилки и неправильные скопления магнетита. Вообще, на этом участке магнетит имеет широкое распространение, что подтверждается и химическими анализами руд, в которых всегда содержится в сравнительно большом количестве закись железа (от 4 до 9%). Здесь, повидимому, была наиболее благоприятная слабо восстановительная среда, которая и обусловила образование магнетита на этом участке.

Магнетитовые бобы сравнительно редко рассеяны среди бурого гидрогетит-хлоритового цемента и представляют собой черную рыхлую землистую массу. Форма бобов округлая, размеры от 0.5 до 3 мм в поперечнике. Твердость равна 1, тогда как твердость окружающего их цемента 2—2.5. Удельный вес 4—4.5. Черта черная. Сильно магнитны. Мельчайшие трещины в этих бобах заполнены хлоритом, гидраргиллитом и гидрогетитом.

В некоторых случаях (на двух образцах) нам приходилось наблюдать, как марказитовые стяжения и сферолиты с внешней стороны окружаются черной оболочкой рыхлого землистого магнетита. За этой магнетитовой оболочкой идет вторая, темносерая, оболочка, неизвестного пока для нас состава. Серый цвет ей придается, повидимому, сульфатными соединениями, которые образуются при разложении марказита. Далее за серой оболочкой идет уже неизменный марказит, который слагает сердцевину стяжения или сферолита. В некоторых же случаях марказитовая сердцевина в стяжениях совершенно отсутствует и вместо нее наблюдается светлосерая масса, которая окружена черной магнетитовой оболочкой.

В виду того, что случаи такого концентрического строения марказитовых стяжений из различных оболочек вообще редки, нам не удалось выделить в скольки-нибудь значительных количествах вещества различных оболочек для анализа. Поэтому пока трудно судить о их природе и условиях образования.

Химическому анализу магнетитовые бобы не подвергались, так как их невозможно выделить в чистом виде, но анализировались образцы, несколько обогащенные (искусственно) веществом магнетитовых землистых бобов (табл. 7).

Из этих анализов можно установить, что, несмотря на разнообразный химический состав, все же в образцах присутствует до 35% магнетита (если всю закись железа связать с магнетитом). Заслуживает внимания большое количество окиси титана в этих образцах. Возможно, что титан связан здесь с цементом руд, так как он вообще в рудах

## Химический состав образцов, обогащенных землистым магнетитом

Компоненты	Обр. Д 9—4		Обр. Д 9—72	
	весов. %	молек. колич.	весов. %	молек. колич.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	5.61	93	4.65	77
TiO <sub>2</sub> . . . . .	2.20	27	2.65	33
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	19.03	187	21.13	207
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	52.66	330	47.17	296
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0.93	6	1.45	9
FeO . . . . .	11.02	153	10.20	141
MgO . . . . .	0.19	4	0.71	17
CaO . . . . .	не обн.	—	0.45	9
MnO . . . . .	0.55	7	0.24	3
NiO . . . . .	0.05	—	0.04	—
CoO . . . . .	0.05	—	0.03	—
S . . . . .	0.01	—	—	—
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.32	2	0.41	3
H <sub>2</sub> O . . . . .	7.38	410	11.46	559
Сумма . . . . .	100.00	—	100.59	—

Анализы произведены в лаборатории ИГН АН СССР.

этого участка содержится в повышенных количествах и связи его с магнетитом не наблюдается.

Псилопелан-вад встречается в виде черных налетов по трещинам слоистых руд и в виде небольших прожилков и скоплений в бобовых рудах. Во всех случаях он является очень мягким, и потому его можно отнести к группе вада. По цвету и некоторым другим физическим и химическим свойствам можно выделить две разновидности этого минерала: 1) черно-голубоватую и 2) стально-серую.

Черно-голубоватый вад образует преимущественно налеты и тонкие (0.1—1 мм) корочки по трещинам, чаще всего в плотных грубослоистых рудах, и представляет собой землистую массу черного цвета с голубовато-синеватым оттенком и матовым блеском. Черта черно-голубоватая. Только что вынутый из горных выработок минерал бывает очень мягким, но от пребывания на воздухе он твердеет и теряет марающую способность. Эта разновидность, кроме марганца и небольшой примеси железа, содержит в своем составе кобальт. Количество его точно установить не удалось, но многие анализы концентратов корочек и налетов дают от 0.10 до 1.11‰ кобальта, до 40‰ окиси марганца, до 20‰ воды, до 20‰ окиси железа и до 15‰ кремнезема. Характерно, что кобальт в голубоватых вадах всегда содержится в повышенных количествах. Так, например, при валовом анализе грубослоистых руд (карьер № 1, образец 5) содержится кобальта равнялось 0.12‰, а темно-голубоватые корочки вада, покрывающие по трещинам эти руды, содержат кобальта 0.42‰; валовой анализ измененной бобовой руды (карьер № 7а, образец 3) дает кобальта 0.08‰, а черно-голубоватые налеты вада на руде содержат 0.92‰ кобальта. Эта черно-голубоватая разновидность вада принадлежит, по видимому, к группе асблана, с низким содержанием кобальта.

Стально-серый вад образует прожилки и неправильные скопления в бобовых и псевдобобовых рудах. Прожилки имеют небольшие размеры (ширина от 2 до 5 мм, длина 15—25 см). Эта разновидность вада стально-серого цвета обладает жирным блеском, мягкая, легко

разминается пальцами и марает руки. Удельный вес его 3.2, твердость 1, черта черная со стальным оттенком.

Под микроскопом в проходящем свете непрозрачен, в отраженном свете имеет светлосероватую окраску. Изотропен. Химические и микрохимические анализы почти не обнаруживают в составе этого минерала кобальта, или устанавливают ничтожное количество его (от следов до 0.03%).

Хромшпинелиды то в большем, то в меньшем количестве встречаются во всех рудах в виде кластических зерен различной степени окатанности, иногда хорошо различимых невооруженным глазом. В рудную толщу минерал был принесен в процессе ее образования, как продукт разрушения коренных залежей хромитов, залегающих в серпентинитах. В бобовых рудах зерна хромшпинелидов находятся как в хлоритовом цементе, так и в самих бобах. В слоистых рудах отдельные зерна и их скопления располагаются согласно слоистости руды.

Под микроскопом просвечивают в темнокрасных тонах. Изотропны. Нередко имеют хорошо выраженные трещины по двум направлениям. Иногда по краям зерен хромита образуются темные непрозрачные оболочки, указывающие на процесс изменения хромита. Зерна обычно неправильной формы, но иногда они образуют совершенно правильные прямоугольники и ромбики. Какой-либо закономерности в распределении зерен хромита установить не удалось.

Марказит встречается главным образом среди бобово-оолитовых руд на участке «А». Он приурочен к плотным разностям этих руд, в которых образует неправильные скопления и небольшие сферолиты, напоминающие по форме и по размерам гидрогетитовые и магнетитовые бобы. Иногда он располагается в цементе в виде тончайших прожилков. Вначале этот минерал принимали за пирит, но минераграфическое изучение помогло установить истинную природу его. В поляризованном свете этот минерал проявляет резкие анизотропные свойства, что и отличает его от сходного с ним пирита.

Хлориты в рудной толще играют очень существенную роль. Они составляют не менее 50% от всего состава некоторых слоев руд. В бобовых рудах хлориты дают главную массу цемента и нередко сами образуют бобы и оолиты, в слоистых же рудах они совместно с гидрогетитом, слагают всю массу руды, причем часто хлориты по количеству преобладают над гидрогетитом. Иногда хлориты, обособляясь, образуют совершенно самостоятельные участки и прослойки среди бобовых и слоистых руд.

По своим внешним признакам и по физическим свойствам хлориты можно разделить на несколько разновидностей.

По цвету:	По плотности:	По строению:
1. Темнокоричневые	1. Очень плотные	1. Аморфные (землистые и глинистые)
2. Темнозеленые	2. Плотные	2. Скрыто-кристаллические.
3. Зеленые	3. Рыхлые	3. Яснокристаллические.
4. Светлозеленые		
5. Зеленовато-желтоватые		
6. Бесцветные		

Химический состав хлоритов также колеблется в широких пределах.

Аморфные хлориты встречаются в рудах всех типов. Они представляют собой землистую, иногда глиноподобную массу. Окраска их темнокоричневая, темнозеленая и светлозеленая. Плотность их также различна (от очень плотных до совершенно рыхлых). Твердость от 1 до 3. Удельный вес рыхлых зеленых хлоритов равен 2.7, плотных, желто-зеленоватых 3.23 (из псевдобобовых руд, карьер № 5). Под микроскопом эти хлориты имеют желтовато-зеленую или зеленую окраску и не действуют на поляризованный свет. Нередко среди этой изотроп-

ной массы встречаются отдельные чешуйки или участки с микрочешуйчатым кристаллическим строением. Наблюдаются также метаколлоидные выделения хлорита, рассеянные иногда среди изотропного хлорита в виде округлых или неправильных участков. В проходящем свете они имеют желтовато-коричневый цвет, анизотропны, с зонарным и радиально-лучистым строением, волнистым и крестообразным угасанием.

Иногда среди аморфной и хлоритовой массы встречаются также изотропные хлоритовые бобы, округлой и продолговатой формы. Они обладают такими же свойствами, как и окружающие их изотропные хлориты, но отличаются от последних формой выделения.

Часто изотропные хлориты загрязнены гидроокислами железа и принимают буроватую окраску. Иногда они замещаются гидрогетитом и гидраргиллитом. Показатели преломления изотропных хлоритов колеблются в больших пределах. Для зеленых хлоритов из грубослоистых руд  $N_m = 1.648$ , для темнозеленых плотных хлоритов из псевдобобовых руд  $N_m = 1.710$ .

Кристаллические хлориты также встречаются в рудах всех типов. Очень часто они ассоциируют с аморфными хлоритами, но иногда образуют обособленные участки в бобовых рудах, представляющие собой серовато-зеленую, не очень плотную, почти мономинеральную породу. В отдельных местах чешуйчатое строение хлоритов заметно макроскопически. Нередко чешуйчатые хлориты заполняют пустоты и трещины в различных рудах. Среди изотропного хлоритового цемента в бобово-оолитовых рудах встречаются прожилки кристаллических хлоритов, образовавшихся за счет аморфных хлоритов. Эти чешуйки, с положительным удлинением, располагаются перпендикулярно к стенкам трещин. В слоистых рудах наблюдается иногда большое скопление бесцветных или серебристых чешуек хлорита, но чаще чешуйки имеют густозеленый, зеленоватый и желто-зеленоватый цвет. Под микроскопом эти хлориты представлены чешуйками различной величины и формы, иногда зонарного и споловидного строения. Чешуйки имеют иногда совершенную спайность и удлинены по ее направлению.

Очень редко среди кристаллических и аморфных хлоритов встречаются хлоритовые концентрически скорлуповатые оолиты и раскристаллизованные бобы. Как оолиты, так и бобы слагаются мелкими хлоритовыми чешуйками, не отличающимися от обычных чешуек своими свойствами. В центре хлоритовых бобов и оолитов иногда находятся зерна хромшпинелидов и магнетита. В некоторых случаях чешуйчатые хлориты образуют оболочки вокруг гидрогетитовых и гидрогематитовых бобов. Нередко чешуйки хлоритов замещаются гидрогетитом и гидраргиллитом. В проходящем свете эти хлориты имеют буровато-зеленую, зеленую, зеленоватую, желто-зеленую и бледнозеленую окраску, а иногда бесцветны, но чаще всего встречаются чешуйки с зеленой и зеленоватой окраской. Почти все чешуйки обладают плеохроизмом, хотя последний проявляется не везде одинаково. Некоторые из них плеохроируют в светлозеленоватых тонах, другие в буровато-темнозеленых, а у большинства чешуек плеохроизм проявляется от почти бесцветного по  $N_g$  до темнозеленого по  $N_r$ . Эти чешуйки имеют прямое угасание, положительное удлинение и показатели преломления  $N_g = 1.679$ ,  $N_r = 1.670$ . Угол оптических осей небольшой, оптический знак отрицательный. Бесцветные или слабоокрашенные чешуйки хлорита слабо плеохроируют, имеют косое угасание под углом  $5-8^\circ$ , положительное удлинение и иногда положительный оптический знак.

Химические анализы различных хлоритов приведены в табл. 8.

При рассмотрении этой таблицы особенно ярко бросается в глаза высокое содержание в хлоритах окисного и закисного железа. Сумма этих окислов достигает  $43.5\%$ , что соответствует  $32\%$  металлического железа. Отсюда становится понятным, какую большую роль играет хло-

## Химический состав хлоритов

Компоненты	Обр. 0—5		Обр. К 5—10в		Обр. К 5—56а		Обр. К 5—45	
	весов. %	молек. колич.	весов. %	молек. колич.	весов. %	молек. колич.	весов. %	молек. колич.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	18.42	307	19.21	320	20.84	347	21.87	364
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.99	12	0.36	4	0.41	5	0.24	3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	18.92	185	17.29	169	17.90	175	17.67	173
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	36.57	228	28.53	178	21.91	137	22.02	137
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0.45	3	1.42	3	0.33	2	0.30	2
FeO . . . . .	5.40	75	14.14	196	21.58	300	18.96	263
MnO . . . . .	0.23	3	0.39	5	0.06	1	0.14	2
CaO . . . . .	следы	—	0.15	2	0.33	6	следы	—
MgO . . . . .	1.03	25	1.84	46	3.33	83	3.53	88
NiO . . . . .	0.46	6	0.11	1	0.51	6	0.80	10
CoO . . . . .	0.05	—	—	—	—	—	0.07	—
K <sub>2</sub> O . . . . .	—	—	0.44	—	0.04	—	—	—
Na <sub>2</sub> O . . . . .	—	—	0.21	3	0.05	1	—	—
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	—	—	следы	—	0.02	—	0.01	—
CO <sub>2</sub> . . . . .	—	—	0.17	1	0.04	—	0.22	—
H <sub>2</sub> O + . . . . .	—	—	0.00	—	0.06	—	следы	1
H <sub>2</sub> O — . . . . .	18.40	1026	14.90	827	13.10	727	9.81	—
							4.17	545
							232	777
Сумма . . . . .	100.92	—	99.16	—	100.51	—	99.81	—
Коэффициенты по Орселю								
$s = \frac{SiO_2}{R_2O_3} = 0.73$			$s = 0.90$			$s = 1.1$	$s = 1.16$	
$a = \frac{Fe_2O_3}{Al_2O_3} = 1.23$			$a = 1.04$			$a = 0.78$	$a = 0.79$	
$f = \frac{FeO}{MgO} = 3.00$			$f = 4.2$			$f = 3.6$	$f = 3.00$	
$r = \frac{RO}{R_2O_3} = 0.26$			$r = 0.70$			$r = 1.26$	$r = 1.16$	
$h = \frac{H_2O}{R_2O_3} = 2.46$			$h = 2.32$			$h = 2.31$	$h = 2.50$	

Анализы произведены в лаборатории ИГН АН СССР.

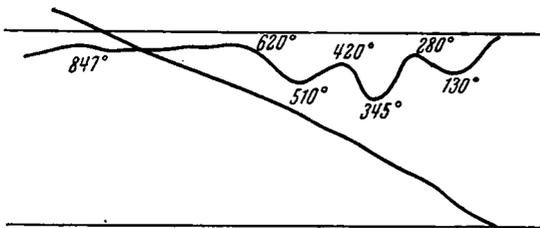
рит как рудный минерал в железорудной толще, где он иногда составляет до 50% от рудной массы. Из приведенных четырех анализов три анализа более или менее сходны между собою (образцы 10в, 56а и 45), так как в них содержание кремнезема, глинозема, окиси и закиси железа колеблется в небольших пределах, а некоторые из них даже почти тождественны. Но образец 0—5 имеет несколько другой состав: в нем окись железа достигает 36.5%, тогда как закисного железа имеется всего лишь 5.4%.

Во всех приведенных анализах содержание Са и Мп сравнительно невелико, но содержание Mg повышенное. В. И. Вернадский (Вернадский и Курбатов, 1937) считает, что в пресноводных континентальных бассейнах образуются хлориты, в составе которых играет существенную роль магний. Возможно, что и в Мало-Халиловском месторождении мы

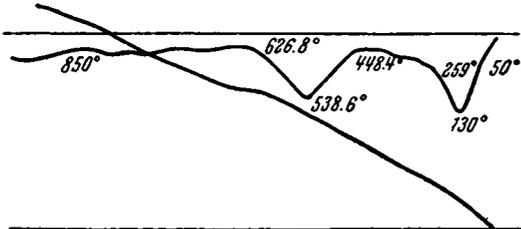
имеем дело с такого рода хлоритами, так как бассейн, в котором они отлагались, относится к континентальному типу.

Для сопоставления с аналитическими данными хлоритов, которые приводятся в литературе, и отнесения описанных нами хлоритов к тому или иному виду, мы вычислили коэффициенты по Орселю (Orcel, 1927), которые положены им в основу классификации хлоритов по химическому составу (табл. 8). Согласно классификации Орселя хлориты Мало-Халиловского месторождения по величине коэффициента  $s = \text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3$  следует отнести к тюрингиту, хотя по другим коэффициентам они не совсем подходят к этому минералу.

Для более точной характеристики и диагностики хлоритов два образца (56а и 10в) были подвергнуты термическим исследованиям. Образец 56а представляет собой зеленый мелкочешуйчатый хлорит, слегка



Фиг. 15. Кривая нагревания плотного желто-зеленоватого хлорита. Обр. 10в



Фиг. 16. Кривая нагревания зеленого мелкочешуйчатого хлорита. Обр. 56а

загрязненный гидроокислами железа и другими примесями, взят из хлоритовой, почти мономинеральной руды. Образец 10в является плотным желто-зеленоватым хлоритом, отобранным из псевдобобовой руды. Он также загрязнен примесями.

На обеих кривых нагревания (фиг. 15 и 16) первый эндотермический эффект характеризуется точкой перегиба при  $130^\circ$ ; вторая эндотермическая остановка, с максимумом в  $345^\circ$ , наблюдается только для одной кривой (фиг. 15), для другой она выражена не резко. Третий эндотермический эффект от  $420-448.4^\circ$ , с максимумом при  $510-538.6^\circ$ , хорошо выражен на обеих

кривых. Эндотермических остановок на этих кривых нет. Кривые обезвоживания (фиг. 17 и 18) показывают, что основная масса воды выделяется в интервале от  $100$  до  $450-550^\circ$  с некоторыми переломами, почти соответствующими эндотермическим остановкам на кривых нагревания.

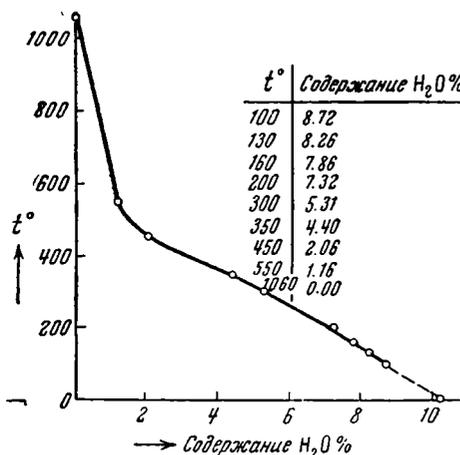
Приведенные оптические, химические и физико-химические данные по мало-халиловским хлоритам с достаточной убедительностью доказывают их хлоритовую природу и принадлежность к железистым хлоритам тюрингитового ряда.

Кварц встречается во всех рудах, но наибольшим распространением пользуется среди бобовых руд, в которых он представлен галькой различных размеров (от  $0.5$  до  $3$  см в поперечнике) и отдельными небольшими плохо окатанными зернами. В редких случаях мелкие зерна кварца располагаются внутри гидрогетитовых и гидрогематитовых бобов. В слоистых рудах кварц, в виде мельчайших окатанных зерен, встречается очень редко. Форма зерен, степень их окатанности и расположение в руде указывают на то, что кварц является обломочным материалом, принесенным в рудную толщу во время ее отложения. Гальки и зерна кварца часто по трещинам выщелачиваются и замещаются гидрогетитом и, в некоторых случаях, хлоритом. Иногда процесс замещения заходит настолько далеко, что кварц оказывается нацело замещенным гидрогетитом, который сохраняет очертания зерен кварца. Процессы выщелачивания также приводят

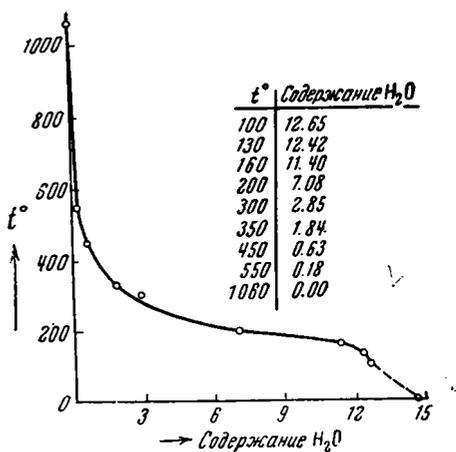
иногда к тому, что вместо галек кварца в бобовых рудах образуются пустоты или участки с губчатым остаточным кварцем. Зерна кварца часто раздавлены на мельчайшие участки, которые обнаруживаются только под микроскопом при скрещенных николях по их неодновременному угасанию (мозаичная структура кварца). Часто зерна имеют волнистое угасание.

Следует отметить, что наличие кремнезема в анализах руд всех типов обусловлено иногда не столько кварцем, сколько кремнеземом, входящим в состав молекулы хлоритов.

Халцедон встречается главным образом среди гидрогетитовых бобов, где он выполняет пустоты и трещины. Он имеет волокнистое и радиально-лучистое строение. Удлинение отрицательное, оптический знак положительный. Вообще в рудной толще этот минерал встречается очень редко.



Фиг. 17. Кривая обезвоживания плотного темнозеленоватого хлорита. Обр. 10в



Фиг. 18. Кривая обезвоживания зеленого мелкочешуйчатого хлорита. Обр. 56а

Гидраргиллит встречается преимущественно в бобовых рудах. Он развивается иногда по хлориту и образует мелкие прожилки и гнезда среди глиноземистых руд (карьер № 6). Часто создает радиально-лучистые оболочки вокруг гидрогетитовых, гидрогематитовых и магнетитовых бобов или расположен по их трещинам. Цвет желтовато-белый, строение тонковолокнистое. Под микроскопом обнаруживается мелкочешуйчатое строение. Чешуйки бесцветны, удлинены. Расположены всегда перпендикулярно стенкам трещины. Имеют отрицательное удлинение, положительный оптический знак. Показатели преломления  $N_g = 1.572$ ,  $N_p = 1.548$ . В слоях руд, сильно обогащенных гидраргиллитом (в «глиноземистых» рудах), содержание глинозема достигает 24%.

Кальцит изредка встречается во всех рудах, но главная масса его сосредоточена в карбонатизированных серпентинитах и в карбонатных рудах. Такие руды обнаружены между карьерами № 5 и 6 на большом Мало-Халиловском участке. В этих рудах кальцит достигает большой концентрации и пронизывает по мелким трещинам и пустотам бобовые и слоистые руды, придавая им значительную плотность. Иногда он преобладает над хлоритом и гидрогетитом. На всех остальных участках рудной толщи он хотя и встречается среди руд, но представлен редкими незначительными включениями. Присутствие его в рудах макроскопически иногда бывает трудно установить.

Под микроскопом видно, что кальцит образовался позднее, чем все другие минералы рудной толщи. Он слагает мельчайшие прожилки и неправильные гнезда среди хлорита и гидрогетита. Представлен он

прозрачными кристаллическими агрегатами, имеющими высокую шагреновую поверхность. Оптический знак отрицательный. Нередко кальцит частично замещается гидроокислами железа и принимает несколько буроватую окраску. Иногда же он, повидимому, переходит в сидерит, так как окраска его становится буровато-серой, и шагреновая поверхность выступает более рельефно.

Каолинит встречается очень редко в рудах, в которых образует небольшие участки среди хлоритового и гидрогетитового цемента в виде бесцветных, слабо прозрачных микрочешуйчатых агрегатов, слабо действующих иногда на поляризованный свет. Средний показатель преломления  $N_m = 1.567$  часто замещается гидроокислами железа и принимает желтовато-грязноватую или коричневатую окраску.

Серицит обнаружен в составе мелких галек измененных серицитовых сланцев, изредка встречающихся в рудах, в виде небольших прозрачных чешуек с совершенной спайностью, положительным удлинением и прямым угасанием. Иногда эти чешуйки изогнуты, что указывает на давление и смятие, которое претерпевали когда-то эти сланцы. Нередко чешуйки серицита замещаются гидрогетитом.

Что касается других минералов, которые упоминаются в начале этой главы, то они представляют исключительную редкость в рудной толще. Обнаружены они по 1—2 зернам и, вследствие их ограниченности, не были подвергнуты более детальному изучению.

### **Типы руд по минералогическому составу и строению и их химический состав**

Рудная толща на Мало-Халиловском месторождении представлена различными типами руд, которые отличаются друг от друга по текстуре и минералогическому и химическому составу.

По текстурным признакам среди рудной толщи можно выделить следующие типы руд.

I. Бобово-оолитовые.

II. Слоистые: 1) псевдобобовые, 2) грубослоистые, 3) тонкослоистые, 4) корковые.

III. Охристые руды (кора выветривания серпентинитов).

По минералогическому составу эти основные типы руд делятся еще на следующие разновидности:

I. Бобово-оолитовые: 1) гидрогетит-глиноземистые руды, 2) гидрогетит-хлоритовые руды, 3) гидрогематит-хлоритовые руды, 4) карбонатные гидрогетит-хлоритовые руды, 5) магнетитовые гидрогетит-хлоритовые руды.

II. Слоистые: 1) гидрогетит-хлоритовые псевдобобовые руды, 2) гидрогетит-хлоритовые грубослоистые руды, 3) хлоритовые руды, 4) гидрогетит-гидрогематит-хлоритовые тонкослоистые и корковые руды.

III. Охристые руды: 1) гидрогетитовые, 2) нонтронитово-гидрогетитовые.

Не все эти разновидности руд играют существенную роль в строении рудной толщи. Главное участие в составе рудных залежей принимают гидрогетит-хлоритовые бобово-оолитовые и гидрогетит-хлоритовые грубо- и тонкослоистые руды. Другие же разновидности или имеют небольшое площадное распространение, или образуют совсем незначительные участки среди трех главных вышеприведенных разновидностей.

Описание отдельных типов руд (по минералогическим разновидностям) мы даем в порядке расположения их в рудной толще, следуя сверху вниз.

### **Бобово-оолитовые руды**

Гидрогетит-глиноземистые руды встречаются на всех трех участках месторождения в качестве верхнего слоя рудной толщи. Ру-

ды представляют собой сравнительно плотную легковесную породу желтоватого или желтовато-буроватого цвета, состоящую из галек беловатых глин и других пород, гидрогетитовых бобов, неправильных белых включений вторичного гидраргиллита и каолинита, наконец, из желтоватого глинистого гидрогетитового и отчасти хлоритового цемента. Среди этих руд встречаются также хромшпинелиды и магнетит. Размеры галек и гидраргиллитовых включений колеблются от 0.5 до 2 см, размеры бобов от 0.5 до 5 мм. Часто цемент в породе преобладает количественно над гальками, бобами и включениями. Такой состав придает породе конгломератовидный облик. На «Охристом» участке и участке «А» среди этих руд чаще всего встречаются неокатанные, угловатые включения глинистых и других пород, и это придает породе брекчиевидную текстуру. На большом Мало-Халиловском участке среди этих руд включения галек редки, преобладают неправильные гнездообразные белые включения гидраргиллита. В карьере № 6 эти руды залегают под слоем плотных бобово-оолитовых, что является некоторым отклонением в условиях залегания для этого типа руд, которые в большинстве случаев залегают выше последних.

Химический состав руд характеризуется табл. 9.

Таблица 9

Химический состав гидрогетит-глиноземистых руд (в %)

Компоненты	Обр. К 6—2 Бобовая руда с редкими бобами и белыми включениями	Обр. К 6—3 Бобовая руда с редкими бобами и белыми включениями	Пр. 20 Бобовая глино- земистая руда	Пр. 0—2 Гидрогетитовая руда с редкими бобами	Пр. 0—3 Гидрогетитовая красноватая гли- нистая руда	Пр. 0—1 Светложелтая глинистая руда	Среднее
SiO <sub>2</sub> . . . . .	9.90	14.07	13.66	9.04	3.09	13.78	10.59
TiO <sub>2</sub> . . . . .	—	—	1.87	2.54	4.26	2.95	2.91
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	17.57	23.67	19.77	25.66	29.65	27.54	23.98
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	49.08	29.95	38.70	38.63	41.25	32.94	38.43
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2.60	4.49	2.77	0.17	0.40	0.10	1.75
FeO . . . . .	0.80	0.80	0.72	0.98	0.32	0.34	0.66
MnO . . . . .	0.05	0.05	0.22	0.07	—	0.21	0.10
CaO . . . . .	0.28	0.42	2.05	—	0.22	—	0.74
MgO . . . . .	0.86	0.92	1.98	—	—	—	1.25
NiO . . . . .	0.03	0.08	0.15	0.00	0.01	0.00	0.045
CoO . . . . .	0.00	0.01	0.00	0.00	следы	не обн.	—
S . . . . .	0.03	0.00	следы	—	—	—	—
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.37	0.21	0.41	—	—	—	0.33
H <sub>2</sub> O . . . . .	17.43	18.32	18.20	19.58	19.58	19.69	18.85
Сумма . . . . .	99.00	92.99	100.50	96.67	98.78	97.55	—
Fe . . . . .	34.98	21.59	27.65	27.80	29.13	23.32	27.41
Cr . . . . .	1.77	3.05	1.88	0.12	0.27	0.07	1.19
Ni . . . . .	0.02	0.06	0.12	0.00	0.008	0.00	0.035
Ti . . . . .	—	—	1.12	1.52	2.56	1.77	1.75
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : SiO <sub>2</sub> . . . . .	1.77	1.68	1.45	2.84	9.60	1.99	2.25

Анализы произведены в лаборатории ИГН АН СССР.

Кроме указанных в таблице элементов, в этих рудах установлено окиси ванадия до 0.05% (обр. К 6—3), меди до 0.005% (проба 20) и мышьяка от следов до 0.002%.

Как видно из приведенных анализов, эти руды содержат понижен-

ное количество железа и никеля, но богаты глиноземом, титаном и отчасти кремнеземом.

Гидрогетит-хлоритовые бобово-оолитовые руды занимают довольно видное место в составе рудной толщи. Они развиты на всех участках, причем слои этих руд является довольно выдержанным и по мощности и по простиранию.

По внешнему виду руды представляют собой довольно плотную массу, темно- или светлобурого цвета с оолитовой текстурой. Иногда плотность настолько велика, что проходка по этим породам требует применения взрывных работ. С другой стороны, среди этой руды нередко встречаются рыхлые, измененные, обохренные неправильные участки или гнезда, а иногда, в верхних частях слоя, встречаются даже и небольшие пропластки глинистых руд и глин. Руда эта состоит в основном из гидрогетитовых и гидрогематитовых бобов и галек, хлоритового цемента и редких галек кварца. Кроме того, встречаются марганцовые налеты и прожилки, хромшпинелиды и магнетит. Эти составные части имеют неодинаковое распространение в слое руды, и их соотношение изменяется как в горизонтальном, так и в вертикальном направлении. В одних участках преобладающее значение имеют бобы, в других, сравнительно немногочисленных, — хлориты. Разновидности руд с преобладанием бобов представляют собой довольно плотную породу с оолитовой структурой. Главной составной частью этих руд являются бобы, сцементированные желтовато-бурым гидрогетитовым и зеленоватым хлоритовым цементом. Цемент имеет подчиненное значение, и бобы иногда так плотно прижаты друг к другу, что цемент заполняет только промежутки между ними. Бобы часто имеют правильную шарообразную форму, но иногда они продолговаты и эллипсоидальны. Размеры бобов колеблются от десятых долей до 3—5 мм. На фиг. 19 наглядно показана текстура руды, размеры бобов и их взаимоотношения с цементом.

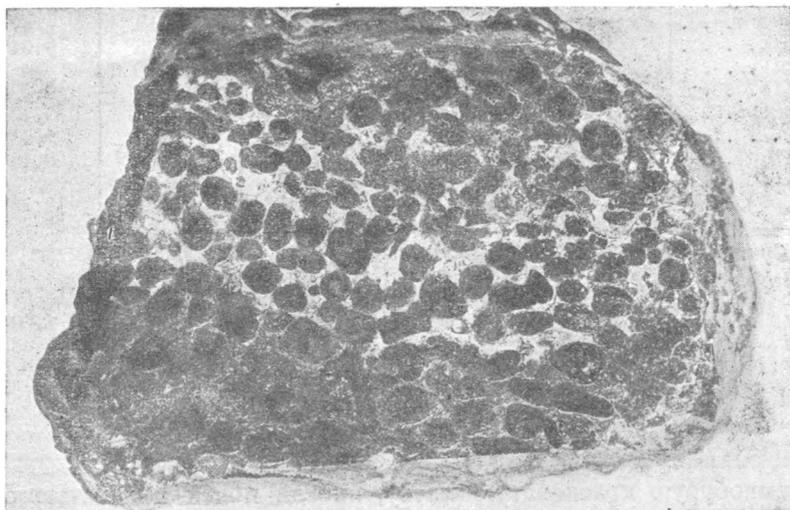
Бобы в большинстве случаев плотные, свежие и лишь на периферии имеют более рыхлую охристую тонкую оболочку. Изредка все же встречаются и сравнительно рыхлые, разрушенные бобы.

Эта разновидность нередко содержит также различные гальки. Они состоят из плотного гидрогетита, из окатанных обломков бобовых руд, конкреций гидрогетита, внутри которых заключены охристо-глинистые и песчаные обломки. Изредка встречаются также окатанные обломки пористых окремнелых и ожелезненных серпентинитов. Форма этих галек в большинстве случаев неправильная, и степень окатанности их различна. Размеры галек колеблются от 0.5 до 5—7 см в поперечнике. Среди этих руд часто встречаются корочки и секущие прожилки плотного гидрогетита.

Иногда здесь же можно наблюдать и небольшие пустоты и жеоды. В пустотах образуются небольшие гидрогетитовые сталактиты и сталагмиты, а по стенкам жеод развиваются оболочки игольчатого радиально-лучистого гидрогетита. Часто жеоды заполнены кальцитом. На большом Мало-Халиловском участке, где жеоды имеют наибольшее распространение, в карьере № 1 можно наблюдать их приуроченность к верхнему горизонту бобовых руд. В верхнем слое этих руд в пределах карьера № 5 наблюдаются разрушенные и обохренные бобовые руды, среди которых очень часты гидрогетитовые корочки, образующие концентрически-скорлуповатые стяжения овальной или неправильной, иногда довольно причудливой формы. В центре этих конкреционных стяжений и между отдельными концентрами располагается охристо-глинистая масса. Этот рудный прослой образовался, по мнению Б. П. Кротова, за счет окисления сидеритов, которые вначале слагали верхнюю зону бобово-оолитовых руд.

Микроскопические исследования показывают, что охристо-глинистая масса состоит из охристого и криптокристаллического гидрогетита и

глинистого вещества, в котором встречаются мелкие чешуйки хлоритов и зерна кварца и хромшпинелидов. Среди описанной разновидности бобовых руд очень часто встречаются растительные остатки, в большинстве случаев нацело замещенные охристо-желтым или темнобурым плотным гидрогетитом, гидрогематитом и хлоритом, реже обугленные, напоминающие собою обыкновенный древесный уголь. Среди остатков флоры мы находим обломки древесных стволов, ветвей, листья. Размеры их разнообразны: от едва заметных простым глазом частиц до обломков древесных стволов, имеющих в диаметре до 13 см и длину до 40—50 см. Они встречаются во всех горизонтах рудной толщи, что является неопровержимым доказательством осадочного происхождения всех руд, включая и нижние горизонты (тонкослюистые и корковые руды) рудных залежей.



Фиг. 19. Бобы в хлоритовом цементе,  $\times 2$

Растительные остатки определил В. Д. Принада, который установил среди них *Pityophyllum angustifolium* Nath. и *Schezalepis Moelleri* Sew.

Эти виды относятся к папоротникам континентальной орской флоры, по которой возраст рудной толщи определяется промежутком времени от верхов нижней юры до средней юры (бат).

Химический состав описываемых гидрогетит-хлоритовых руд приведен в табл. 10, куда вошли лишь штупные анализы (анализы бороздочных проб по этим рудам приведены ниже, в разделе «Промышленная характеристика руд»).

Кроме того, в этих рудах установлены ванадий ( $V_2O_5$  0.06%) и медь (до 0.005%) и мышьяк (до 0.006%). Эти руды отличаются от предыдущих глиноземистых более высоким содержанием железа и низким содержанием глинозема.

Гидрогематит-хлоритовые бобово-оолитовые руды встречаются очень редко. Они образуют среди основных гидрогетит-хлоритовых руд небольшие участки и известны лишь пока в двух карьерах (№ 5 и 4). Эти руды состоят в основном из гидрогематитовых бобов и гидрогематитового красного цемента, в котором существенную роль играет иногда и зеленый хлорит. В их состав входят также различные гальки, гидрогетитовые бобы, зерна магнетита и хромшпинелидов и глинистое вещество. Руды представляют собой плотную, тяжеловес-

Химический состав гидрогетит-хлоритовых бобовых руд (в %)

Компоненты	Обр. К 5—1 Бобовая руда	Обр. К5—48а Бобовая руда	Обр. А 9—2 Бобовая плотная руда	Обр. А 9—1 Бобовая руда рых- лая	Среднее
SiO <sub>2</sub> . . . .	6.65	13.45	10.32	10.09	10.13
TiO <sub>2</sub> . . . .	—	0.16	2.65	3.36	2.06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . .	19.15	7.88	20.91	7.47	6.85
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . .	70.98	59.10	38.62	59.57	57.07
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . .	2.14	0.83	1.75	1.28	1.50
FeO . . . . .	—	2.84	1.91	0.50	1.31
MnO . . . . .	0.07	0.38	следы	0.08	0.13
CaO . . . . .	—	0.08	0.28	0.09	0.15
MgO . . . . .	—	3.20	0.81	0.10	1.37
NiO . . . . .	0.02	—	0.06	0.03	0.04
CoO . . . . .	нет	—	следы	нет	—
K <sub>2</sub> O . . . . .	—	0.02	—	—	0.02
Na <sub>2</sub> O . . . . .	—	0.20	—	—	0.20
S . . . . .	0.03	0.23	0.76	0.29	0.33
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.26	0.11	0.32	0.01	0.18
CO <sub>2</sub> . . . . .	—	—	—	—	—
H <sub>2</sub> O . . . . .	—	10.52	20.92	16.18	12.85
Сумма . . . .	—	99.00	99.31	99.05	—
Fe . . . . .	49.69	43.59	28.52	42.09	40.97
Cr . . . . .	1.46	0.56	1.19	0.87	1.02
Ni . . . . .	0.02	—	0.05	0.02	0.03
Cr : Ni . . . .	73.0	—	23.8	43.5	34.0

Анализы произведены в лаборатории ИГН АН СССР..

ную, темнобурую красноватую массу, иногда почти полностью состоящую из гидрогематитовых бобов. Эти бобы имеют различные размеры—от 0.1 до 3 мм. Они хорошо отполированы, имеют блестящую поверхность и металлический блеск. По сравнению с гидрогетит-хлоритовыми данные руды более плотные и имеют больший удельный вес. Они содержат также и большое количество железа (табл. 11).

Данные таблицы показывают, что высокое содержание окиси железа сопровождается повышенным количеством никеля. Глинозем и кремнезем содержатся в небольших количествах. Образец 586 имеет почти мономинеральный гидрогематитовый состав, так как сумма окиси железа и воды приближается к 88%. Повышенное количество никеля в этих рудах связано с охристым гидрогематитовым цементом, который, как это показали исследования, всегда богат абсорбированным никелем.

Карбонатные гидрогетит-хлоритовые руды не имеют большого распространения. Они расположены на большом Мало-Халиловском участке между карьерами № 5 и 6, где они установлены в пониженной части рельефа. Площадь их распространения невелика. Карбонатные руды представляют собой плотную буроватую массу, в составе которой, наряду с гидрогетитом и хлоритом, существенную роль играет кальцит, образующий в них отдельные зерна, прожилки, прослои, а иногда полностью вытесняющий гидрогетит и хлорит. В этих рудах содержатся еще хромшпинелиды, магнетит, гидрогематит, кварц, сидерит, магнезит, гальки различных пород, гидрогетитовые бобы.

Химический состав этих руд показан в табл. 12.

Как видно из этих анализов, руды содержат до 40% карбонатов (главным образом кальцита) при незначительном количестве железа.

Таблица 11

**Химический состав гидрогематит-хлоритовых бобово-оолитовых руд (в %)**

Компоненты	Обр. К 5—57а Бобово-оолитовая руда с красным цементом	Обр. К 5—58б Бобово-оолитовая руда с гидрогематитовым цементом	Среднее
SiO <sub>2</sub> . . . . .	6.86	3.11	4.39
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.10	0.11	0.11
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	6.47	3.51	4.99
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	73.34	83.59	78.46
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1.41	1.94	1.68
FeO . . . . .	3.44	2.46	2.95
MnO . . . . .	0.39	0.19	0.29
CaO . . . . .	0.40	0.45	0.48
MgO . . . . .	1.57	0.36	0.97
NiO . . . . .	0.81	0.39	0.60
CoO . . . . .	—	—	—
K <sub>2</sub> O . . . . .	нет	0.09	0.045
Na <sub>2</sub> O . . . . .	нет	нет	—
S . . . . .	0.01	0.02	0.015
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.05	0.03	0.04
CO <sub>2</sub> . . . . .	0.04	0.04	0.04
H <sub>2</sub> O . . . . .	5.84	4.21	5.03
Сумма . . . . .	100.83	100.50	—
Fe . . . . .	54.02	60.43	57.22
Cr . . . . .	0.96	1.32	1.14
Ni . . . . .	0.63	0.30	0.47
Cr : Ni . . . . .	1.5	4.4	2.4

Анализы произведены в лаборатории ИГН АН СССР.

Таблица 12

**Химический состав карбонатных руд (в %)**

Компоненты	Обр. К 28а Карбонатная бобовая гидрогетитовая руда	Обр. К 28б Карбонатная бобовая гидрогетитовая руда	Обр. К 28в Карбонатная бобовая гидрогетитовая руда	Обр. К 28г Карбонатная бобовая гидрогетитовая руда	Среднее
SiO <sub>2</sub> . . . . .	5.99	7.22	11.76	8.44	8.35
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.40	1.28	0.32	0.92	0.73
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	3.52	9.65	4.03	12.01	7.30
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	39.40	20.84	50.97	16.21	31.85
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1.92	0.65	2.76	0.87	1.55
FeO . . . . .	0.64	8.07	1.28	10.93	5.23
MnO . . . . .	3.57	0.67	1.15	0.47	1.46
CaO . . . . .	17.74	21.64	5.16	19.26	15.95
MgO . . . . .	1.83	2.76	1.68	4.17	2.61
NiO . . . . .	0.38	0.38	0.72	0.37	0.46
CoO . . . . .	нет	нет	нет	нет	—
V . . . . .	0.047	0.038	0.084	0.028	0.049
K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O . . . . .	0.08	0.15	0.09	0.17	0.12
S . . . . .	0.038	0.026	0.020	0.034	0.029
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.086	0.048	0.085	0.130	0.087
CO <sub>2</sub> . . . . .	16.64	20.00	3.32	19.72	14.92
H <sub>2</sub> O— . . . . .	1.34	0.83	4.40	0.77	1.84
H <sub>2</sub> O+ . . . . .	5.84	5.42	9.88	5.94	6.77
Сумма . . . . .	99.46	99.67	97.71	100.44	—
Fe . . . . .	28.08	20.88	36.68	19.88	26.38
Cr . . . . .	1.31	0.44	1.88	0.59	1.06
Ni . . . . .	0.30	0.30	0.56	0.29	0.36
Cr : Ni . . . . .	4.36	1.47	3.35	2.04	2.80

Анализы произведены в лаборатории Ильменского заповедника в г. Миассе в 1937 г.

Необходимо отметить, что отсутствие кобальта в анализах следует объяснить несовершенством методики его определения, судя по тому, что химической лабораторией ИГН Академии Наук в этих рудах установлено от 0.02 до 0.06% Co.

Магнетитовые гидрогетит-хлоритовые руды обнаружены, главным образом, на участке «А». Здесь в слое бобово-оолитовых гидрогетит-хлоритовых руд местами содержится магнетит в количестве 20—28%. Магнетит образует землистые бобы и оолиты, плотные прожилки (из сплошного магнетита) и отдельные кристаллы по трещинам и пустотам. В составе руд встречаются также гидрогетит в виде бобов, оолитов и отдельных неправильных скоплений в цементе, хлорит, марказит, кальцит, гидраргиллит, кварц, гальки и щебень глинистых и других пород. Структура руд изображена на фиг. 20.

Мощность слоя руд, содержащих магнетит в сравнительно большом количестве, достигает 1.5—2 м. Но на том же участке среди слоистых руд встречаются также прослойки, которые обогащены магнетитом.

Химические анализы описываемых руд приведены в табл. 13.

Таблица 13

Химический состав магнетитовых гидрогетит-хлоритовых руд (в %)

Компоненты	Обр. А 9—8 Бобовая руда с магнетитом	Обр. А 9—6 Брекчиевидная руда с магнетитом	Среднее
SiO <sub>2</sub> . . . . .	12.31	13.51	12.91
TiO <sub>2</sub> . . . . .	1.95	1.77	1.86
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	13.75	14.56	14.15
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	44.92	34.61	39.77
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2.05	1.12	1.59
FeO . . . . .	6.89	9.35	8.12
MnO . . . . .	1.34	0.59	0.97
CaO . . . . .	0.31	3.78	2.05
MgO . . . . .	0.42	4.02	2.22
NiO . . . . .	0.44	0.34	0.39
CoO . . . . .	0.08	0.05	0.07
S . . . . .	0.03	0.05	0.04
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.19	0.21	0.20
H <sub>2</sub> O . . . . .	15.73	16.93	16.33
Сумма . . . . .	100.41	100.89	—
Fe . . . . .	36.81	31.52	34.17
Cr . . . . .	1.39	0.76	1.07
Ni . . . . .	0.34	0.27	0.30
Cr : Ni . . . . .	4.08	2.81	3.57

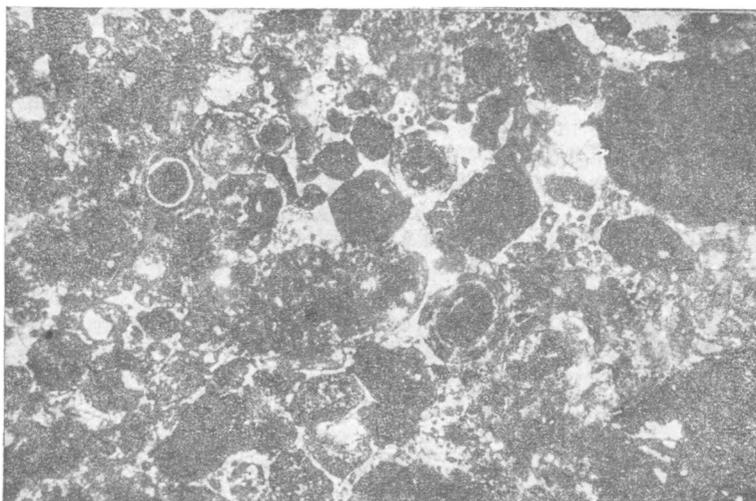
Анализы произведены в лаборатории ИГН АН СССР.

В этих анализах повышенное содержание закиси железа подтверждает наличие большого количества магнетита. Сравнительно высокое содержание глинозема и кремнезема и пониженное окиси железа указывают на то, что в составе этой руды большую роль играют нерудные минералы (кварц, хлорит, гидраргиллит и др.).

### Слоистые руды

Гидрогетит-хлоритовая псевдобобовая руда встречается на Мало-Халиловском участке в карьере № 5. Она залегает под бобово-оолитовыми рудами и постепенно переходит в грубослоистые

руды. Руда представляет собой желто-буроватую породу с весьма своеобразной текстурой. Она состоит из двух макроскопически выделяющихся компонентов: плотного темнозеленого хлорита и желтого охристого гидрогетита, примерно в равных количествах. Темнозеленый хлорит образует своеобразную сетку, в ячейках которой располагаются гнезда охристого желтого гидрогетита, напоминающие своей формой бобы. Иногда наряду с хлоритом в строении сетки принимает участие и плотный гидрогетит. Такое расположение разных по цвету компонентов придает породе ложную бобово-оолитовую текстуру. Руда довольно плотная. Она состоит из хлорита, гидрогетита, с примесью зерен кварца, хромшпинелидов и магнетита. Под микроскопом хлорит имеет зеленовато-желтоватый цвет. Основная масса его изотропна, но иногда встречаются небольшие анизотропные мелкочешуйчатые участки. Гидрогетит образует среди хлоритовой массы неправильные участки, сложен-



Фиг. 20. Магнетитовые и гидрогетитовые бобы и оолиты в хлоритовом и гидрогетитовом цементе. Шлиф 258,  $\times 45$ .

ные криптокристаллической красно-оранжевой анизотропной массой. Часто наблюдается замещение хлорита гидрогетитом. Хромшпинелиды и магнетит, в виде отдельных неправильных зерен, встречаются в породе довольно часто.

Химический анализ этой руды приведен в табл. 14.

Сравнительно большое количество закиси железа следует связать главным образом с хлоритом (лишь небольшая часть падает на магнетит), так как анализ хлоритов, выделенных из этих руд, дает 14.14% FeO. Псевдобобовые руды в других Халиловских месторождениях отсутствуют, за исключением Орловского месторождения, в котором они встречаются в небольшом количестве.

Гидрогетит-хлоритовая грубослоистая руда распространена на всех участках месторождения и занимает довольно видное место в составе рудной толщи.

Этот тип руды представляет собой плотную желтоватую или серозеленоватую глиноподобную массу без ярко выраженной слоистости. В отличие от бобовых эта руда на всех участках характеризуется постоянством строения и химического и минералогического состава. Встречаются иногда довольно рыхлые, сыпучие охристые участки, в которых развиваются неправильные скопления и корочки плотного гидрогетита. Плотная руда и особенно серозеленоватая ее разновидность разбиты

## Химический состав гидрогетит-хлоритовой псевдобобовой руды (в %)

Компоненты	Количество	Компоненты	Количество
SiO <sub>2</sub> . . . . .	15.28	MgO . . . . .	1.82
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.31	NiO . . . . .	0.43
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	13.95	SO <sub>3</sub> . . . . .	0.02
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	41.48	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.34
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2.40	K <sub>2</sub> O . . . . .	0.11
FeO . . . . .	7.10	Na <sub>2</sub> O . . . . .	0.24
MnO . . . . .	0.14	H <sub>2</sub> O . . . . .	15.65
CoO . . . . .	0.72	Сумма . . . . .	99.99

трещинами отдельностей, по стенкам которых часто наблюдаются черные налеты и корочки марганцовых минералов (вада и асболана). Изредка по трещинам образуются прожилки и неправильные скопления плотного и кристаллического магнетита. Руда в основном состоит из хлорита, гидрогетита с небольшой примесью гидрогематита, магнетита, хромшпинелидов, кальцита, сидерита и кварца. Хлорит в большинстве случаев количественно преобладает над гидрогетитом.

Под микроскопом хлорит имеет зеленый цвет и представлен изотропной и анизотропной разностями. Гидрогетит образует неправильные скопления и прожилки среди хлорита. Он представлен коричнево-буровой мелкокристаллической массой. Часто замещает собою хлорит. Магнетит, в виде неправильных скоплений, присутствует в руде сравнительно часто. Гидрогематит образует небольшие кровяно-красные скопления вокруг магнетита или же редко рассеян в виде мелких вкрапленников. Хромшпинелиды и кварц встречаются редко, в виде отдельных неправильных зерен. Кальцит и сидерит образуют прожилки или неправильные скопления среди хлоритовой и гидрогетитовой массы.

Химические анализы штучных проб этих руд приведены в табл. 15.

В этих рудах, в сравнении с гидрогетит-хлоритовыми бобово-оолитовыми рудами, содержится повышенное количество никеля и глинозема. Это обусловлено тем, что в составе руд играют большую роль хлориты, богатые этими компонентами.

Хлоритовые руды встречены только на большом Мало-Халиловском участке, в карьере № 5. Здесь они слагают небольшую линзообразную залежь среди грубослоистых руд. Руды представляют собою зеленую неплотную породу почти мономинерального состава. Слагаются они почти одним мелкочешуйчатым яркозеленым хлоритом и лишь изредка встречается охристый гидрогетит и редкие небольшие зерна кварца. В составе этих руд сумма закисного и окисного железа составляет до 43,5%, содержание глинозема 18%, кремнезема 20% (см. анализ образца К 5—56а, табл. 8).

Гидрогетит-гидрогематит-хлоритовые тонкослоистые и корковые руды развиты на большом участке и на участке «А». Они залегают под грубослоистыми рудами и подстилаются разрушенными серпентинитами (их корой выветривания). По внешнему виду это желто-зеленоватая тонкослоистая порода, достаточно резко отличающаяся как от покрывающих грубослоистых руд, так и от подстилающих ожелезненных продуктов разрушения серпентинитов. Согласно слоистости располагаются иногда темные компоненты — хромшпинелиды, магнетит, а также чешуйчатые хлориты. Нередко среди этих руд встречаются прослойки и линзы бобовых руд. У подошвы слоя тонкослоистых руд залегают наиболее уплотненный пропласток так называемых корковых руд мощностью от 0.15 до 0.25 м. Как эти корковые, так и

## Химический состав гидрогетит-хлоритовых грубослоистых руд (в %)

Компоненты	Обр. К 5—7 Грубосло- истая руда	Обр. К 5—36а Грубосло- истая руда	Обр. А 9—44 Слоистая руда	Среднее
SiO <sub>2</sub> . . .	13.06	14.48	12.29	13.27
TiO <sub>2</sub> . . .	0.27	0.14	1.17	0.53
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . .	10.76	10.41	17.19	12.78
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . .	54.33	45.89	42.74	47.65
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . .	2.46	2.48	1.76	2.23
FeO . . . .	0.42	3.04	5.35	2.94
MnO . . . .	0.09	0.54	1.10	0.58
CaO . . . .	0.87	0.65	0.51	0.68
MgO . . . .	1.57	2.64	2.07	2.09
NiO . . . .	0.81	0.90	0.72	0.81
CoO . . . .	—	—	0.09	0.09
S . . . . .	0.05	0.00	0.05	0.03
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .	0.10	0.18	0.25	0.18
H <sub>2</sub> O . . . .	15.26	15.65	9.42	13.44
Сумма . .	100.05	97.00	94.71	—
Fe . . . .	38.36	34.49	34.09	35.65
Cr . . . .	1.67	1.69	1.20	1.52
Ni . . . .	0.63	0.70	0.56	0.63
Cr : Ni . .	2.65	2.42	2.14	2.41

Анализы произведены в лаборатории ИГН АН СССР.

тонкослоистые руды сложены чередующимися между собой желтоватыми, темнозеленоватыми, темными и красными тонкими прослойками. Окраска слоев зависит от преобладания в них того или иного компонента: желтоватые прослойки слагаются охристым гидрогетитом, темнозеленые полосы обогащены хлоритом, темные—гидрогетитом, покрытым налетами марганцовых минералов, красные— в основном охристым гидрогематитом. Главными минералами, слагающими эти руды, являются хлорит, гидрогетит и гидрогематит. В качестве незначительных примесей в их состав входят магнетит, хромшпинелиды, кальцит, сидерит и очень редко кварц.

Химический состав этих руд характеризуется данными табл. 16.

Анализы указывают на то, что тонкослоистые руды богаты никелем и отчасти кобальтом. Из отдельных определений пяти последних образцов следует, что никель и кобальт связаны в рудах с марганцовыми налетами и хлоритами. Кроме указанных в таблице элементов, в этих рудах обнаружены ванадий ( $V_2O_5$  0.05%), медь (0.005%) и мышьяк (0.002%).

## Охристые руды

Гидрогетитовые охристые руды, как уже было сказано, представляют собой охристую зону коры выветривания серпентинитов. Они не пользуются здесь широким распространением и встречаются лишь изредка в углублениях среди серпентинитов под тонкослоистыми рудами. Охристые руды представляют собою желтовато-буроватую рыхлую, легковесную породу, легко рассыпающуюся на мелкие частицы при ударе молотком.

В составе гидрогетитовых охристых руд главную роль играют гидрогетит и кварц, другие же минералы— кальцит, магнетит, серпентин, нонтронит и хлорит— имеют подчиненное значение. Содержание железа

Химический состав тонкослоистых и корковых руд (в %)

Компоненты	Обр. К 6—4 Тонкослоистая руда	Обр. К 6—6 Тонкослоистая руда	Обр. К 5—5 Тонкослоистая руда, обогащенная марганцовыми налетами	Обр. К 5—8 Тонкослоистая руда с чешуйча- тым хлоритом	Обр. К 5—12 Корковая руда с марганцовыми налетами	Обр. К 5—12а Гидрогематито- вый прослоек из корковой руды	Обр. К 5—32 Корковая зелено- ватая хлоритовая руда	Среднее
SiO <sub>2</sub> . . .	12.25	20.06	—	—	—	—	—	16.16
TiO <sub>2</sub> . . .	—	—	—	—	—	—	—	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . .	8.38	10.78	—	—	—	—	—	9.58
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . .	52.41	44.37	—	—	—	—	—	48.39
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . .	2.14	1.99	2.96	2.90	3.34	2.08	1.94	2.48
FeO . . . .	2.08	—	—	—	—	—	—	2.08
MnO . . . .	1.35	0.49	0.30	2.52	3.17	0.64	2.34	1.54
CaO . . . .	0.28	—	—	—	—	—	—	0.28
MgO . . . .	1.36	—	—	—	—	—	—	1.36
NiO . . . .	0.83	0.88	1.51	2.0	2.44	1.48	1.44	1.52
CoO . . . .	0.24	0.04	0.12	0.12	0.24	0.02	0.18	0.14
S . . . . .	0.00	0.00	—	—	—	—	—	—
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . .	0.40	0.16	—	—	—	—	—	0.28
H <sub>2</sub> O . . . .	16.75	—	—	—	—	—	—	8.38
Fe . . . . .	38.31	31.06	—	—	—	—	—	34.68
Cr . . . . .	1.46	1.35	2.01	1.97	2.27	1.41	1.32	1.69
Ni . . . . .	0.65	0.69	1.18	1.61	1.90	1.16	1.13	1.19
Cr : Ni . . .	2.25	1.96	1.70	1.22	1.20	1.22	1.17	1.42

Анализы произведены в лаборатории ИГН АН СССР.

и кремнезема колеблется в широких пределах. В тех случаях, когда руды пронизаны густой сетью кварцевых прожилков, содержание кремнезема достигает 50% и более, а содержание железа падает до 20—25%; когда же эти прожилки отсутствуют и руда почти нацело представлена охристым гидрогетитом, содержание железа достигает 56%, содержание же кремнезема падает до 5—10%. Содержание никеля в этих рудах также изменчиво — от 0.3 до 1.5%, чаще всего до 0.8%. Представление о составе руд дает следующий неполный анализ (в %):

SiO <sub>2</sub> . . . .	30.10	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . .	1.20	CoO . . . . .	0.03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . .	2.51	MnO . . . . .	1.53	S . . . . .	0.00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . .	34.43	NiO . . . . .	0.59	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . .	0.14

Характерно, что в этих рудах всегда содержится мало глинозема. Вообще же эти руды на Мало-Халиловском месторождении не имеют самостоятельного промышленного значения и могут быть использованы лишь как примесь к слоистым рудам.

Нонтронитово-гидрогетитовые руды, представляющие нонтронитовую зону коры выветривания серпентинитов, не пользуются большим распространением на данном месторождении. Они залегают в виде небольших гнезд под тонкослоистыми рудами, представляя собой рыхлую, иногда сыпучую массу зеленоватого цвета. Главными минералами в них являются гидрогетит и нонтронит. Кроме того, всегда присутствуют кальцит, магнезит, кварц, хлорит, серпентин, хромшпинелиды, магнетит и, реже, гидрогематит. Руды характеризуются низким содержанием железа (18—25%) и высоким содержанием никеля (до 1.5—2%). Они могли бы рассматриваться как никелевые руды, но ничтожные запасы ограничивают практическое их значение возможностью использования в качестве примеси к слоистым рудам для увеличения в них содержания никеля.

## Распределение элементов в рудном теле

Химическим и спектральным анализом в составе железных руд установлены следующие элементы: Si, Al, Fe, Ti, V, Cr, Mn, Ni, Co, Cu, Ca, Mg, S, P, As, K, Na, C, H, O, Ga, Sr, Ge, Mo и Be. Последние пять элементов определены спектральным анализом. Кроме того, в рудах определялись, но не были обнаружены спектральным методом Au, Ag, Pt, Sn, Zn, Pb, Bi, Cd, W, Ge, Re, In, Sb, Ba.

Из всех этих элементов только первые 14 элементов и вода играют существенную роль в рудной массе.

Рассматривая содержание отдельных элементов в рудной толще, мы видим, что глиноземистые бобовые руды, представляющие собой верхний слой рудных залежей, обогащены глиноземом, титаном, водой и отчасти кремнеземом, но бедны железом, никелем, марганцем и кобальтом. Бобово-оолитовые руды обогащены железом, отчасти никелем, марганцем и хромом, но содержат, в сравнении с глиноземистыми рудами, меньше глинозема, кремнезема, титана и воды. В грубослоистых рудах, залегающих под бобово-оолитовыми рудами, содержание глинозема, кремнезема, воды и отчасти железа остается таким же, как и у бобовых руд, но содержание никеля и кобальта резко возрастает. В самом нижнем горизонте осадочной рудной толщи — в тонкослоистых рудах — железо, никель и кобальт достигают самой большой концентрации, заметно возрастает и содержание марганца. Содержание кремнезема, глинозема, хрома и воды остается почти таким же, как и у покрывающих их грубослоистых руд. В охристых рудах, которые подстилают осадочную рудную толщу и являются верхней зоной коры выветривания серпентинитов, резко возрастает содержание кремнезема и магния и так же резко падает содержание железа, глинозема и воды.

Табл. 17 среднего содержания элементов и окислов в различных слагаемых рудной толще, составленная на основе всех имеющихся бороздовых и штучных проб, наглядно показывает поведение каждого элемента в вертикальном направлении.

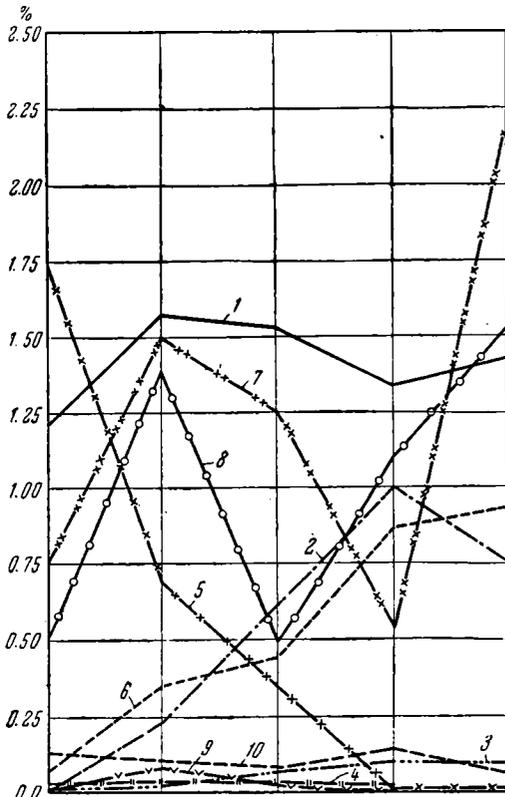
Таблица 17  
Вертикальное распределение химических элементов в рудной толще  
Мало-Халиловского месторождения

Компоненты	Среднее содержание окислов и элементов (в %)				
	глиноземистая бобовая руда	бобово-оолитовая руда	грубослоистая руда	тонкослоистая руда	охристая руда
SiO <sub>2</sub> . . . . .	10.59	9.82	10.27	10.50	25.53
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	23.98	10.17	12.78	9.53	2.68
Fe . . . . .	27.41	42.82	43.04	44.54	33.50
Cr . . . . .	1.19	1.56	1.52	1.34	1.42
Ni . . . . .	0.035	0.21	0.63	1.09	0.75
Co . . . . .	следы	0.02	0.07	0.10	0.08
V . . . . .	0.028	0.038	0.03	1.028	—
Ti . . . . .	1.75	0.68	0.31	следы	следы
Mn . . . . .	0.07	0.32	0.44	0.83	0.92
Cu . . . . .	0.005	0.004	0.004	1.005	—
Mg . . . . .	0.75	1.49	1.25	0.54	2.18
Ca . . . . .	0.51	1.35	0.47	1.10	1.53
K . . . . .	—	0.02	0.09	—	—
Na . . . . .	—	0.16	0.17	—	—
S . . . . .	0.01	0.07	0.03	0.01	1.01
P . . . . .	0.14	0.12	0.07	0.14	0.06
H <sub>2</sub> O . . . . .	18.80	12.04	13.44	12.50	5.53

Рассматривая эту таблицу, можно заметить, что содержание одной группы элементов, как например Fe, Ni, Co и Mn, с глубиной увеличивается, другой группы—Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Ti и H<sub>2</sub>O с глубиной уменьшается и третьей группы (Cr, V, Cu, Mg, Ca, S и P) по отношению к глубине ведет себя безразлично. Наглядно поведение некоторых элементов в рудной толще иллюстрируется фиг. 21. Из этой таблицы видно еще, что кроме железа в рудах достигают сравнительно большой концентрации и могут быть использованы в качестве легирующих примесей такие элементы, как Cr, Ni, Co, Mn и Ti. Что же касается Cu и V, а также Ga, Zn, Te, Mo и Be, обнаруженных спектральным анализом, то эти элементы в рудах содержатся в малых количествах и практической ценности не представляют.

Ниже мы приводим более подробное описание поведения отдельных окислов и элементов в рудной толще.

**Кремнезем** во всех осадочных рудах содержится почти в одинаковых количествах, но в охристых (остаточных) рудах содержание его увеличивается более чем в два раза и иногда доходит до 50%. Здесь кремнезем представлен кварцем, который образует прожилки или замещает собой серпентиниты. В осадочных рудах он связан с обломочным кварцем (галькой и песчинками), халцедоном, хлоритами, каолинитом и как примесь входит в минералы группы гидроокислов железа.



Фиг. 21. Диаграмма распределения примесей в вертикальном разрезе через рудную залежь.

1—хром; 2—никель; 3—кобальт; 4—ванадий; 5—титан; 6—марганец; 7—магний; 8—кальцит; 9—сера; 10—фосфор.

**Глинозем** с глубиной убывает. В верхних слоях рудной толщи — глиноземистых рудах — содержание его иногда доходит до 29%, а в охристых рудах — до 2.6%. В рудах он связан с гидрагиллитом, хлоритом, каолинитом и с галькой глинистых пород.

**Железо.** Содержание железа колеблется в широких пределах — от 19 до 60%, увеличиваясь с глубиной. Оно связано с гидрогетитом, гидрогематитом, магнетитом, железистыми хлоритами, сидеритом, хромшпинелидами, марказитом и вадом, куда железо входит как изоморфная примесь.

Нижние слои осадочной рудной толщи (тонкослоистые руды) были обогащены железом, повидимому, еще при отложении этих руд, благодаря тому, что посторонний нерудный материал (гальки кварца и обломки других пород) в бассейн, где отлагались руды, почти не приносился. Подобные же условия создавались в отдельных участках водного бассейна и при отложении бобово-оолитовых руд, где

мы наблюдаем скопления почти мономинеральных гидрогематитовых руд (см. табл. 11), в которых содержание железа достигает 57%. Не исключена возможность здесь действия железистых бактерий, при участии которых и образовались мельчайшие гидрогематитовые бобы и оолиты. Несомненно, что обогащение нижних горизонтов рудной толщи главным образом обусловлено последующей миграцией железа. Поверхностные и грунтовые воды, богатые углекислотой, растворяли в верхних горизонтах рудной толщи железо и переносили его вниз. При выпадении из этих растворов железа образовались плотные корочки и прожилки гидрогематита в бобовых и слоистых рудах; в это же время при наличии восстановительной среды (органического углерода), повидимому, образовались и магнетитовые кристаллы и прожилки. Но главная масса железа из растворов выпадала все же в нижних горизонтах рудной толщи, где вследствие близости карбонатизированных серпентинитов создавалась щелочная среда (с более высокой концентрацией водородных ионов pH), которая и способствовала осаждению железа. Здесь образуются плотные гидрогематитовые прожилки и так называемые корковые руды, содержание железа в которых достигает 47%. Некоторое увеличение щелочности среды в нижних горизонтах рудной толщи (тонкослоистых рудах) мы наблюдаем и в настоящее время. Все приведенные причины и обусловили наибольшую концентрацию железа в нижних слоях осадочной рудной толщи.

Хром присутствует во всех рудах, и среднее его содержание в них подвержено небольшим колебаниям. В глиноземистых рудах он достигает наименьшей концентрации (1.19%), повышенное же содержание его наблюдается в бобовых и грубослоистых рудах. В рудном теле этот элемент связан, во-первых, с хромшпинелидами, которые в виде неправильных мелких зерен рассеяны по всем слоям руд почти равномерно; во-вторых, с железистыми хлоритами, где он входит в состав решетки как изоморфная примесь. Содержание хрома в рудах участков «А» и большого Мало-Халиловского колеблется от 0.44 до 3.05% (среднее 1.5%), но в рудах «Охристого» участка оно значительно ниже (от 0.07 до 0.27%), в среднем по трем пробам 0.15%. Такое низкое содержание хрома в рудах этого участка объясняется тем, что эти руды залегают на амфиболитах, за счет разрушения которых они образовались. В составе же амфиболитов хромшпинелиды не обнаружены. Незначительное количество хрома в этих рудах связано с хлоритами.

Необходимо отметить, что окись хрома, входящая в состав железистых хлоритов, легко растворяется в соляной кислоте, тогда как хромшпинелиды не переходят в раствор при действии HCl.

Никель. С глубиной руда постепенно обогащается никелем, который наибольшей концентрации достигает в тонкослоистых рудах и, иногда, в нонтронитизированных серпентинитах. В осадочных рудах содержание никеля составляет от 0.02 до 1.90%. Наблюдается повышенное содержание никеля в воронкообразных углублениях на древней подземной поверхности серпентинитов, заполненных тонкослоистыми и нонтронитовыми рудами, в которых никель содержится в количестве до 1.5—2%. И. И. Гинзбург, изучавший месторождения никеля в Халиловском районе, также установил, что обогащенные никелем растворы в ряде случаев стекали в более пониженные участки древнего рельефа серпентинитов и там осаждались. В рудах Мало-Халиловских месторождений никель связан с хлоритами, вадом, нонтронитами, охристым красным гидрогематитом и глинистыми продуктами слоистых руд. Наши опыты показали, что в хлоритах и, возможно, в вадах никель входит в состав решетки как изоморфная примесь вместе с двухвалентным железом, марганцем и др. В нонтронитах (по исследованиям И. И. Гинзбурга и А. И. Пономарева), в охристых гидрогематитах и в глинистых продуктах слоистых руд (согласно опытам железорудной группы ИГН) никель

находится в абсорбированном состоянии. Обогащение никелем нижних горизонтов рудной толщи шло, повидимому, аналогично обогащению железом. Растворы никеля при своей миграции через рудную толщу также находили более благоприятную щелочную среду (при большой рН) для осаждения в грубо- и тонкослоистых рудах.

Кобальт ведет себя подобно никелю: в верхних слоях рудной толщи он содержится в ничтожных количествах, с глубиной же количество его постепенно увеличивается и достигает наибольшей концентрации в тонкослоистых и отчасти в охристых рудах (0.10 и 0.08%). В рудах содержание его колеблется от следов до 0.19%. Наблюдается приуроченность кобальта к углублениям в серпентинитах. Кобальт связан с вадом-асболоном, хлоритами и глинистыми продуктами слоистых и охристых руд. В асболоне и хлоритах он входит в состав молекулярной решетки, а в рудах находится в абсорбированном состоянии. В хлоритах и рудах кобальт содержится в небольших количествах, но в асболонах количество его доходит иногда до 1.10%. Асболоны, в виде налетов и корочек, сконцентрированы главным образом в тонкослоистых рудах, чем и обусловлено нахождение больших количеств кобальта в этих рудах. Причиной осаждения здесь марганца, кобальта, так же как и никеля и железа, является та же щелочная среда, с большой концентрацией водородных ионов.

Марганец подобно кобальту с глубиной количественно возрастает. Больше всего его в тонкослоистых и охристых рудах, где он представлен вадом, асболоном и хлоритами. Содержание марганца (Mn) в рудах колеблется от следов до 2.75%, среднее же содержание не превышает 0.5%.

Титан сосредоточен главным образом в верхних слоях рудной толщи в глиноземистых рудах, где среднее содержание его равно 1.75%, максимальное 2.56%. Поведение этого металла противоположно поведению вышеописанных элементов (Fe, Ni, Co и Mn), так как с глубиной содержание титана падает, и в нижних горизонтах рудной толщи мы встречаем лишь следы его. Следует отметить, что все охристо-глинистые руды «Охристого» участка сильно обогащены титаном.

Минералогической формой для титана являются мельчайшие зерна рутила, очень редко встречающиеся в рудах. Основная же масса титана связана, повидимому, с глинистыми продуктами руд, которые абсорбируют его. А. Е. Ферсман (Геохимия, т. IV, стр. 114) указывает, что осадителями титана являются избыток кальция, железа и редких земель. Наличием больших количеств кальция и железа в рудной толще, повидимому, и обусловлено осаждение Ti в наших рудах. Кроме того, титан может быть связан с титанистым железняком, который, возможно, в виде тончайших включений присутствует в кластических зернах магнетита.

Ванадий обнаружен в рудах в небольших количествах (до 0.03%). Минералы, содержащие ванадий, в рудной толще неизвестны. Повидимому, он связан с гидроокисными соединениями железа и алюминия, так как, по данным А. Е. Ферсмана, ванадий накапливается преимущественно в латеритных остатках вместе с трехвалентным железом и алюминием. Не исключена возможность и того, что ванадий связан в рудах с углистыми древесными остатками.

Медь в рудах не имеет практического значения, так как содержится в тысячных долях процента (0.005%). Минералов меди в рудной толще не установлено.

Магний присутствует в незначительных количествах. Содержание его в рудах колеблется от 0.06 до 2.5%. В осадочных рудах, где он связан с хлоритами и магнетитом, распределение его неравномерное. В охристых рудах он достигает наибольшей концентрации и представлен главным образом магнетитом и отчасти хлоритами, нонтронитами

и серпентином. Отмечается обогащение магнием в бобово-карбонатных рудах, возможно, что он здесь связан с доломитом.

Кальций ведет себя аналогично магнию. Содержание его колеблется в широких пределах, от 0.05 до 15%, хотя среднее содержание и невысокое (1%). Кальций представлен кальцитом, хлоритом и, возможно, доломитом. В осадочной рудной толще он достигает большой концентрации в бобово-карбонатных рудах, а в охристых рудах содержится в больших количествах в карбонатизированных участках.

Сера присутствует в рудах в количестве от 0 до 0.76%, при среднем содержании по всей рудной толще не превышающем 0.02%. Сера связана с марказитом, растительными остатками и сульфатами (гипсом). Наибольшей концентрации (среднее по 3 пробам 0.42%) сера достигает в рудах участка «А». Здесь она представлена марказитом, который довольно часто встречается в цементе бобово-оолитовых руд. На других участках сера содержится в ничтожных количествах (от 0 до 0.054%). Практически эти руды можно считать малосернистыми.

Фосфор. В осадочных рудах среднее содержание его равно 0.12% при колебаниях от 0.02 до 0.18%. Наблюдается повышенное его содержание в глиноземистых рудах. Фосфор в рудной толще связан, видимо, с растительными остатками.

Вода в рудах с глубиной заметно убывает. Она присутствует в рудах в виде влаги и молекулярной воды, входящей в состав молекулы хлоритов, каолинита, гидраргиллита, гидрогетита, гидрогематита, вада и асболана. В глиноземистых рудах количество воды достигает 20%, тогда как в охристых рудах среднее содержание ее равно 5.5%. Это объясняется тем, что глиноземистые руды больше содержат влаги, поступающей в них в виде атмосферных осадков.

### Промышленная характеристика руд и их запасы

В настоящее время Мало-Халиловское месторождение находится на консервации, но с постройкой металлургического завода (близ г. Орска) на базе халиловских хром-никельсодержащих железных руд это месторождение должно вступить в эксплуатацию в первую очередь.

При рассмотрении химического состава руд мы видели, что содержание железа, хрома и никеля не одинаково для различных типов руд. Поэтому для более рационального промышленного использования различных руд на месторождении необходимо организовать селективную добычу и плавку руд.

Вышеописанные три основных текстурно-минералогических типа руд могут быть одновременно рекомендованы как промышленные типы, так как они резко отличаются друг от друга по содержанию основных компонентов (Fe, Ni, SiO<sub>2</sub> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Таким образом выделяются следующие промышленные типы руд: 1) глиноземистые, 2) бобово-оолитовые и 3) слоистые. Кондиции ГУМП, выработанные в 1935 г. для комплексных хромо-никелевых железных руд, предусматривали содержание железа свыше 40%, никеля не ниже 0.5%, отношение хрома к никелю не больше 2.5. Предварительные же кондиции Чугунлегира (1938 г.) для передельных чугунов требуют, чтобы руда содержала не меньше 38% железа и 0.5% никеля при отношении хрома к никелю не свыше 1.5%. Руды, идущие для получения хромистых чугунов, должны содержать железа не меньше 38%, никеля до 0.5% (желательно, но допускается и меньше), хрома от 1.5 до 4%.

В глиноземистых рудах заинтересована цементная промышленность, так как при плавке из них получают высокоглиноземистые шлаки, идущие для высококачественного цемента. По кондициям Гипроцемента

эти руды должны иметь отношение глинозема к кремнезему не ниже 0.8; кроме того, общее содержание глинозема не должно быть низким.

Рассматривая выделенные промышленные типы руд в разрезе этих требований металлургии, мы приходим к следующим выводам.

Глиноземистые руды содержат в среднем (в %):

Железа . . . . .	27	Никеля . . . . .	0.03
Глинозема . . . . .	23	Титана . . . . .	1.75
Кремнезема . . . . .	10	Фосфора . . . . .	0.14
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : SiO <sub>2</sub> . . . . .	2.3	Серы . . . . .	0.01
Хрома . . . . .	1.19		

Эти руды вполне пригодны для получения из них высокоглиноземистых шлаков. Содержащиеся в них титан и хром могут быть использованы как легирующие примеси для выплавки хромистого и титанистого чугуна. Низкое содержание в них железа несомненно снижает их ценность, но повышенное содержание глинозема компенсирует этот недостаток, и эти руды могут одновременно служить флюсующим материалом. Липецкий завод к халиловским рудам добавляет тихвинские бокситы, но с постройкой завода в Халилове нужда в привозе бокситов отпадает, так как глиноземистые руды, добываемые на месте, могут заменить их.

Глиноземистые руды развиты главным образом на участках «А» и «Охристом». Мощность их колеблется от 0.5 до 1.5 и даже 2.5 м. Объемный вес их равен 1.4, удельный вес 2.8. Они слагают верхнюю часть рудной толщи и легко могут быть отсортированы в забое.

Бобово-оолитовые руды были подвергнуты в 1938 г. бороздovому опробованию. Пробы брались по всему рудному слою в различных участках рудной залежи с таким расчетом, чтобы они действительно отражали средний состав этих руд. Их химический состав показан в табл. 18.

Таблица 18  
Химический состав бобово-оолитовых руд (в %)

Компоненты	Пр. 15 Бобовая разру- шенная руда	Пр. 16 Бобовая плотная руда	Пр. 19 Бобовая плотная руда	Пр. 23 Бобовая плотная руда с жемами	Среднее по бо- роздовым пробам	Среднее по 8 штуфным пробам	Среднее по бо- роздовым и штуфным пробам
SiO <sub>2</sub> . . . . .	10.40	8.90	12.02	5.96	9.32	9.34	9.33
TiO <sub>2</sub> . . . . .	1.05	0.99	1.35	0.36	0.937	1.33	1.14
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	12.02	8.12	12.79	3.56	9.17	8.66	8.91
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	54.20	61.31	53.00	60.27	57.19	58.43	57.81
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	3.13	2.04	2.04	1.75	2.24	1.59	1.91
FeO . . . . .	0.76	3.36	1.28	1.26	1.665	4.12	2.90
MgO . . . . .	1.73	1.45	1.43	1.25	1.465	1.52	1.49
MnO . . . . .	0.14	0.25	0.13	1.02	0.384	0.46	0.42
CaO . . . . .	2.19	1.16	1.86	6.32	3.057	0.89	1.97
NiO . . . . .	1.13	0.15	0.10	0.47	0.21	0.34	0.28
CoO . . . . .	0.00	0.00	0.00	0.12	0.03	0.07	0.05
S . . . . .	1.01	0.01	0.04	0.04	0.016	0.13	1.07
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.43	0.45	0.52	0.40	0.45	0.14	0.30
H <sub>2</sub> O . . . . .	14.77	11.66	14.27	11.85	13.14	12.57	12.86
Сумма . . . . .	102.96	99.85	100.83	94.93	99.28	99.59	100.44
Fe . . . . .	38.53	45.54	38.10	43.17	41.33	44.12	42.73
Cr . . . . .	2.13	1.39	1.39	1.19	1.52	1.08	0.30
Ni . . . . .	0.10	0.12	0.08	0.37	0.167	0.27	0.22
Cr : Ni . . . . .	21.30	11.58	17.37	3.22	9.10	4.00	5.91

Из этой таблицы видно, что среднее содержание железа по бороздовым и штуфным пробам равно 42.73%, хрома 1.3%, никеля 0.22%. Отношение хрома к никелю равно 5.91. Отсюда следует, что бобово-оолитовые руды могут быть использованы для выплавки из них хромистых чугунов. Сравнительно высокое содержание (до 0.7%) титана в рудах будет способствовать улучшению качества металла. Эти руды развиты на всех участках. Мощность их колеблется от 0.8 до 3.5 м. Они составляют от 40 до 50% всех запасов месторождения. Объемный вес их равен 2.5, удельный 3.7. По своей текстуре (оолитовой) они резко выделяются в забое.

Слоистые руды. Относящиеся сюда две разновидности — тонкослоистых и грубослоистых руд по текстуре и отчасти по химическому составу сравнительно мало отличаются между собой. Кроме того, отличить и в забое эти две разновидности друг от друга иногда трудно. Поэтому для промышленного использования удобнее объединить их в один тип слоистых руд. Химический состав этих руд показан в табл. 19.

Таблица 19  
Химический состав слоистых руд (в %)

Компоненты	Пр. 17 Грубо- и тон- кослоистая руда (совместно)	Пр. 18 Тонкослои- стая руда	Пр. 22 Грубо- и тон- кослоистая руда ( совме- стно)	Среднее по пробам	Среднее по 10 штуфным про- бам	Среднее по бороздовым и штуфным пробам
SiO <sub>2</sub>	7.37	6.80	9.10	7.75	14.72	11.24
TiO <sub>2</sub>	следы	следы	0.35	0.116	0.53	0.32
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.52	5.53	5.96	5.67	11.18	8.43
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	67.39	68.11	53.36	62.95	48.02	55.49
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.63	1.15	1.53	1.43	2.36	1.89
FeO	0.85	5.73	0.59	2.39	2.51	2.45
MgO	0.54	0.41	1.47	0.806	1.73	1.27
MnO	0.36	0.88	2.39	1.21	1.06	1.14
CaO	1.69	1.67	7.95	3.77	0.48	2.13
NiO	1.31	1.26	1.08	1.22	1.17	0.19
CoO	0.14	0.10	0.24	0.16	0.12	0.14
S	0.01	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.42	0.30	0.20	0.306	0.23	0.16
H <sub>2</sub> O	13.90	9.43	11.20	11.51	10.91	11.21
Сумма	101.13	101.42	95.46	99.32	95.05	96.09
Fe	47.83	52.15	37.81	45.93	35.17	40.55
Cr	1.11	0.78	1.04	0.97	1.61	1.29
Ni	1.02	0.98	0.84	0.94	0.91	0.93
Cr: Ni	1.09	0.80	1.24	1.03	1.77	1.39

Из таблицы видно, что среднее содержание железа по бороздовым пробам равно 45.93%, хрома 0.97%, никеля 0.94% и отношение хрома к никелю 1.03. Эти руды, вследствие высокого содержания в них никеля, приобретают особую ценность и, согласно кондициям, могут быть использованы для выплавки из них хромо-никелистых передельных чугунов, идущих для изготовления высококачественных сталей.

Слоистые руды слагают нижний горизонт рудной толщи и составляют от 35 до 40% от всех запасов. Мощность их колеблется от 1 до 2.5 м. Объемный вес этих руд равен 1.7. Вследствие своих текстурных особенностей они также резко выделяются в забое.

Что же касается охристых руд (коры выветривания серпентинитов), то они, вследствие их незначительной распространенности, не имеют

самостоятельного промышленного значения. Они могут быть использованы как примесь к слоистым рудам, так как содержание никеля в них достигает 1<sup>0</sup>/<sub>6</sub>.

Таким образом, выделенные три промышленных типа руд обладают различными качествами и могут быть использованы в металлургии для различных целей. Это обстоятельство обязывает организовать селективную добычу руд. Тектурные особенности, условия залегания и мощности различных типов руд позволяют без особого труда это сделать. Вследствие незначительной мощности покрывающих пород на большей площади рудных контуров можно будет вести добычу руд открытым способом.

Запасы руд были утверждены ЦКЗ в 1931 г., после разведки 1929—1931 гг. (табл. 20).

Таблица 20  
Запасы руд Мало-Халиловского месторождения, утвержденные в 1931 г.

Категория А <sub>2</sub> в тысячах тонн				Итого
I сорт > 40% Fe	II сорт 30—40% Fe	III сорт 20—30% Fe	IV сорт < 20% Fe	
1312.7	3605.85	1521.81	—	6440.36

По другим категориям запасы не подсчитывались. Содержание хрома и никеля в расчет не принималось, и руды не делились на сорта в зависимости от этих элементов.

Это обстоятельство, а также неудовлетворительная обоснованность подсчетов запасов фактическими материалами побудили Академию Наук поставить вопрос перед соответствующими организациями о пересмотре запасов и о проведении детальной разведки на всех Халиловских месторождениях в свете новых данных, которые были получены Академией Наук после детального изучения месторождений. В 1938 г. Куйбышевский геолого-разведочный трест приступил к обработке материалов прежней разведки и к пересчету запасов по месторождениям. В результате пересчета все запасы были переведены в более низкие категории, причем для Мало-Халиловского месторождения были получены следующие цифры:

В — 2774 тыс. т, С<sub>1</sub> — 2081 тыс. т и С<sub>2</sub> — 2500 тыс. т, всего — 7355 тыс. т.

Сопоставляя эти цифры с таковыми 1931 г., мы видим, что общая цифра запасов несколько увеличена. Но категории запасов снижены. Нужно отметить, что и при этих пересчетах не были подсчитаны запасы по отдельным типам руд с учетом особых качеств, так как старая документация не позволяла этого сделать.

## 6. ОРЛОВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ

(А. Л. Яницкий)\*

### Введение

Орловское железорудное месторождение находится в 15 км к юго-востоку от ст. Халилово и в 6 км к северо-востоку от ст. Губерля Чакаловской ж. д., в 2 км восточнее пос. Орловского. Его географические координаты: 51°19'—51°20' с. ш. и 58°17'—58°19' в. д. (от Гринвича). Орловский железорудный карьер связан железнодорожной веткой со ст. Губерля. Через Орловское месторождение проходят старинный почтовый тракт Орск—Халилово, а также дороги на ст. Губерля, сел. Узенбаево, сел. Гайнулино и т. д.

\* ИГН. Выпуск 67. Серия рудных месторождений (№ 6). 1941.

Район месторождения имеет топографическую основу разных масштабов. В 1931—1932 гг. этот район был заснят Госземтрестом в масштабе 1 : 25000 с сечением горизонталей через 10 м. В то же время топографическую съемку производил Средневожский геолого-разведочный трест в масштабах 1 : 50000 и 1 : 5000, последнюю с сечением горизонталей через 2 м. Однако, как позднее выяснилось, эта съемка грешит большими неточностями и требует проведения повторных топографических работ. В 1934 г. бригадой ЦНИГРИ, под руководством Н. К. Разумовского, проводилась геологическая съемка этих районов, на топографической основе в масштабе 1 : 50000. Орловское железорудное месторождение вошло в северную половину планшета М—40—33—Б, закартированного Е. Э. Разумовской.

### **Орогидрография района**

В орографическом отношении район месторождения распадается на две части. Восточную часть района занимает довольно широкое водораздельное плато (Сырт), сложенное юрскими известковистыми и буровато-красными песчанистыми глинами. Западная же часть района, где развиты песчано-глинистые отложения нижней юры, образует обширную низменность, представляющую собой долину р. Большой Губерли и ее притока р. Сухой Губерли. Высота водораздельного плато по отношению к указанной низменности местами достигает 60—70 м. Абсолютные же высотные отметки плато достигают 339.2 м. Склоны этой платообразной возвышенности круты и обрывисты.

Низменная часть района местами неровная и носит слабо всхолмленный характер. Абсолютные высотные отметки ее колеблются от 250 до 280 м. Железорудное месторождение располагается в этой пониженной части района.

Главной водной артерией района является р. Большая Губерля и впадающая в нее р. Сухая Губерля, находящиеся в 1.5 км к северо-западу от рудного участка. Уровень воды в р. Сухой Губерле у пос. Орловского имеет отметки 240—241 м. В летние месяцы эта речка высыхает, и вода сохраняется лишь в небольших котловинах, образуя озерки и болота, поросшие кустарником и луговой растительностью. Вообще же район представляет собою ковыльную степь.

Грунтовые воды в пределах рудного участка находятся на различной глубине. В центральных частях рудной площади вода встречена в целом ряде дудок на глубине от 3 до 12 м от устья выработок. Дебит грунтовых вод не определялся, но является очень значительным. Обилие грунтовых вод на рудном участке в той или иной мере должно будет усложнить добычу железных руд из более глубоких горизонтов.

### **Геологическое строение района месторождения**

По данным геологических исследований, проведенных в этом районе Г. Б. Бокием (1931), В. С. Коптевым-Дворниковым и Д. Г. Ульяновым (1932), П. А. Безруковым и А. Л. Яншиным (1934), Е. Э. Разумовской (1935) и др., в геологическом строении Орловского участка и его окрестностей принимают участие палеозойские магматические породы и мезокайнозойский комплекс осадочных пород.

#### **Палеозойские породы**

Из числа интрузивных магматических пород на Орловском месторождении встречены перидотиты, типа гарцбургитов, превращенные почти нацело в серпентиниты. Последние прикрыты осадочными отложениями юры и образуют подземный массив, который в виде гребня протягивается в общеуральском меридиональном направлении.

Серпентиниты непосредственно подстилают рудную залежь. Они обнаружены разведочными выработками в разных местах участка на глубине от 0,5 м до 40—50 м и более. Значительные выходы серпентинитового массива обнажены под рудной толщей в железорудном карьере и хорошо доступны для изучения. В поверхностных частях массива серпентиниты подверглись довольно сильному выветриванию, изменению и разрушению, выразившимся в образовании карбонатной зоны древней коры выветривания и сопровождающих ее различной величины и формы карстовидных углублений на поверхности массива. Мало измененные серпентиниты находятся лишь в глубоких горизонтах и обнаруживаются в местах размыва продуктов древней коры выветривания, обычно в виде плотных пород зеленого или серовато-зеленого цвета, которые, однако, часто бывают окрашены гидроокислами железа в желтовато-бурый или буровато-красный цвет. Нередко в породе макроскопически наблюдаются крупные блестящие зерна псевдоморфоз бастиита по ромбическим пироксенам.

Серпентиниты по различным направлениям разбиты трещинами отдельностей с преобладающим простиранием СВ 20—50° и падением на ЮВ под углом 40—60°. Очень часто наблюдаются плоскости скольжения, а также зоны смятия и раздробления, свидетельствующие о бывших тектонических подвижках в этом районе. Трещины обычно выполнены кальцитом, магнезитом и гидроокислами железа.

Изучение шлифов показывает, что в минеральном составе серпентинитов принимают участие: хризотил, кальцит, магнезит, гидрогетит, кварц, хлориты, антигорит; из реликтовых минералов иногда встречаются сохранившиеся остатки ромбического пироксена, которые частично замещены бастиитом, зерна хромшпинелидов и магнетит. Основную массу шлифа обычно составляют хризотил и кальцит. Хризотил волокнистый, в шлифе бесцветный или светлозеленоватый. Удлинение хризотиловых волокон — положительное. Волокна хризотила образуют прожилки и слагают петли и шнурочки, хорошо различимые под микроскопом. Кальцит микрозернистый, образует неправильной формы скопления, гнезда и прожилки. Показатели преломления кальцита, определенные иммерсионным методом:  $N_g=1.658$ ,  $N_p=1.486$ ,  $N_g-N_p=0.172$ . Структура породы волокнистая; текстура петельчатая или сетчатая.

Наличие значительного количества хризотилового серпентина и кальцита в породе позволяет отнести ее к карбонатизированным серпентинитам.

Серовато-зеленые серпентиниты Орловского массива относятся ко второму типу серпентинитов Халиловского района. По мнению В. С. Коптева-Дворникова и Д. Г. Ульянова (1932), этот тип серпентинитов образовался за счет перидотитов нормального состава — типа гарцбургитов.

Отсутствие палеозойских отложений на Орловском участке, с которыми контактировали бы интрузии серпентинитов, и подземный характер самого массива, при отсутствии обнажений, затрудняют разрешение вопроса о его возрасте. Только условно, основываясь на наблюдениях в соседних районах и обобщающих выводах других исследователей (Коптев-Дворников и Ульянов, 1932; Воинова, 1935), мы можем принять верхнекарбонный возраст этих серпентинитов.

### Древняя кора выветривания

На Орловском участке кора выветривания подверглась неравномерному размыву и сохранилась только карбонатная ее зона, представленная выветрелыми, сильно карбонатизированными серпентинитами. По схеме А. В. Хабакова (1935), она соответствует магнезитовой зоне, а по

схеме группы коры выветривания (Савельев и Гинзбург, 1940) — зоне выщелоченных серпентинитов нормального профиля халиловского типа.

Поверхность карбонатизированных серпентинитов неровна и богата карстообразными углублениями самой различной формы: некоторые из них округлые, воронкообразные, до 2—3 м в диаметре и глубиной до 3 м; другие, длиной 10—15 м и шириной 2—3 м, имеют вытянутую форму с довольно крутыми стенками, высотой до 3 м и напоминают овраги. Все эти углубления, наблюдающиеся в Орловском карьере, выполнены гидрогетит-хлоритовыми высококачественными рудами, которые почти нацело выбраны при эксплуатации, а в сохранившейся части представлены тонкослоистыми рудами, нередко обогащенными карбонатами (кальцитом, реже сидеритом и доломитом).

Сильно выветрелые серпентиниты наблюдаются как в железорудном карьере, так и в целом ряде разведочных выработок. Они бывают то очень мягкие и рыхлые, то более крепкие и плотные. Окраска их преимущественно зеленовато-серая, но участки их, подвергшиеся обохриванию, окрашены в желтовато-бурые и буровато-красные цвета. Порода обычно пронизана многочисленными прожилками и гнездами кальцита, магнезита и гидроокислов железа. Микроскопические наблюдения показывают, что в минералогическом составе породы преобладают кальцит и хризотилковый серпентин, реже гидроокислы железа, хромшпинелиды, магнетит, магнезит, хлорит и вад.

#### Мезо-кайнозойская толща

Юрские отложения представлены комплексом континентальных осадочных пород, которые в пределах описываемого района пользуются очень широким распространением (фиг. 1). Исследованиями Г. И. Теодоровича (1937) установлено, что в литологическом отношении они несут довольно пестрый состав. Среди них главным образом преобладают серые и желтовато-бурые, местами слюдястые глины, алевроиты, реже пески, песчано-галечные отложения и известковистые конгломераты. Самые же нижние горизонты юрских отложений представлены тонкослоистыми, бобово-оолитовыми и другими типами железных руд.

В целом ряде разведочных выработок, пройденных на участке, обнажены тонкослоистые и грубослоистые пластичные жирные, иногда более песчанистые, слюдястые, серые и желтоватые углистые глины. Мощность тонких прослоек колеблется от 2—4 мм и выше. Нередко встречаются алевроитовые глины. Местами серая углистая глина содержит растительные остатки. На плоскостях разлома и напластования часто обнаруживаются отпечатки растений, включения листьев, мелкий растительный детритус и обломки растительного угля.

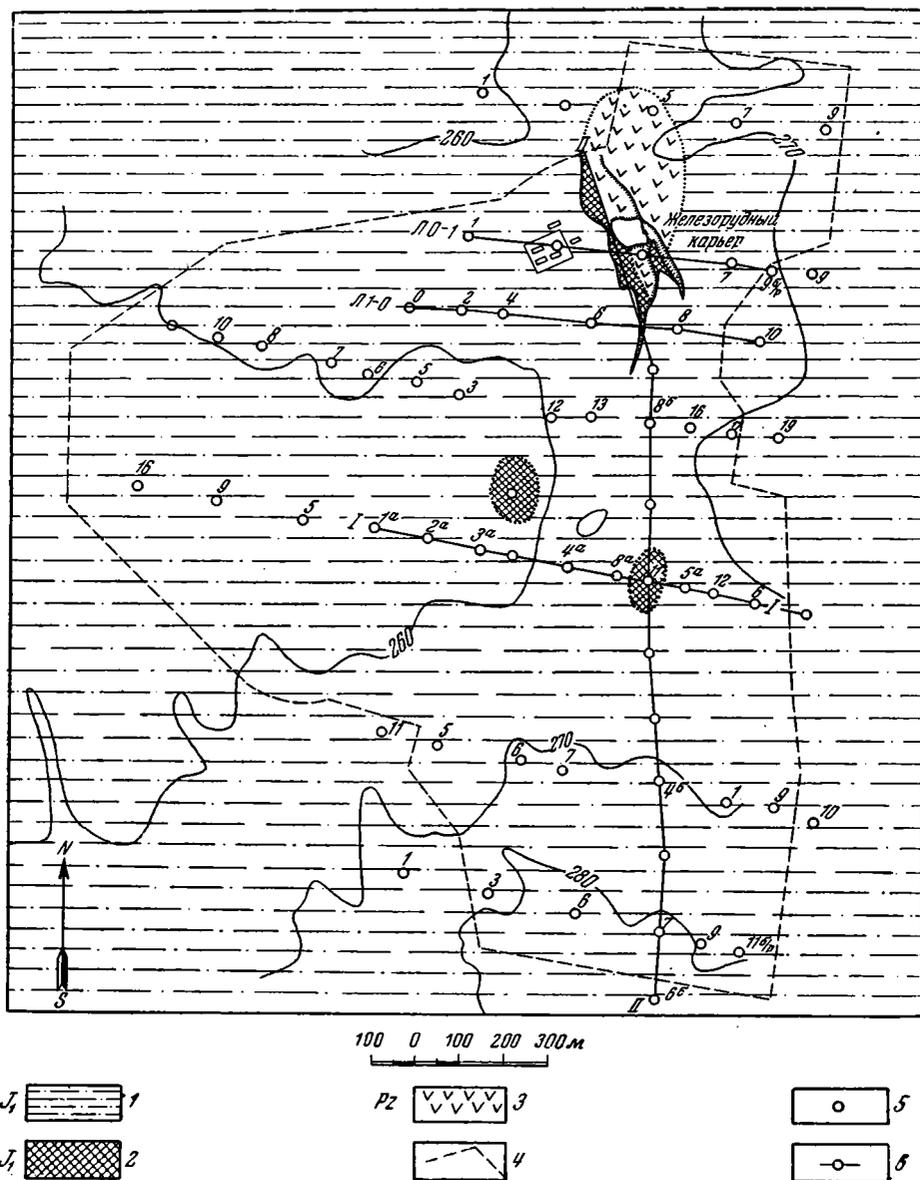
Среди флоры, собранной на Орловском участке в серых углистых глинах, В. Д. Принада определил *Cladophlebis muhodzarica* Pîq n., *Coniopteris muhodzariensis* Pîq n., *Cladophlebis* sp. in d. Возраст флоры предполагается не древнее верхов нижней юры и может колебаться до средней юры.

Иногда среди песчано-алевритовой и глинистой толщи встречаются конкреции глинистых сидеритов до 10—15 см в поперечнике, с поверхности окисленные и замещенные плотными корками гидрогетита и гидрогематита. Нередки конкреции марказита. Мощность песчано-алевритовой и глинистой толщи в пределах разведанного участка колеблется от 0 до 40 м.

Расположенное к востоку от рудного участка, пологое водораздельное плато сложено толщей плотных известковистых конгломератов до 60—80 м мощности, содержащих в своем составе большое количество галек белого кварца. В некоторых местах этот конгломерат имеет слабо

ожезненный цемент. По своему стратиграфическому положению конгломерат относится к зирен-агачской свите.

Меловые и третичные отложения в пределах Орловского рудного участка отсутствуют и встречаются только юго-западнее, в окрестностях пос. Никольского.



Фиг. 1. Геологическая карта Орловского железорудного месторождения (Халиловский район Чкаловской области) 1937 г. Составил А. Л. Яницкий.

1—песчано-глинистые отложения; 2—железные руды; 3—серпентиниты; 4—контуры рудного тела (по данным И. Л. Рудницкого); 5—разведочные дудки; 6—скважины.

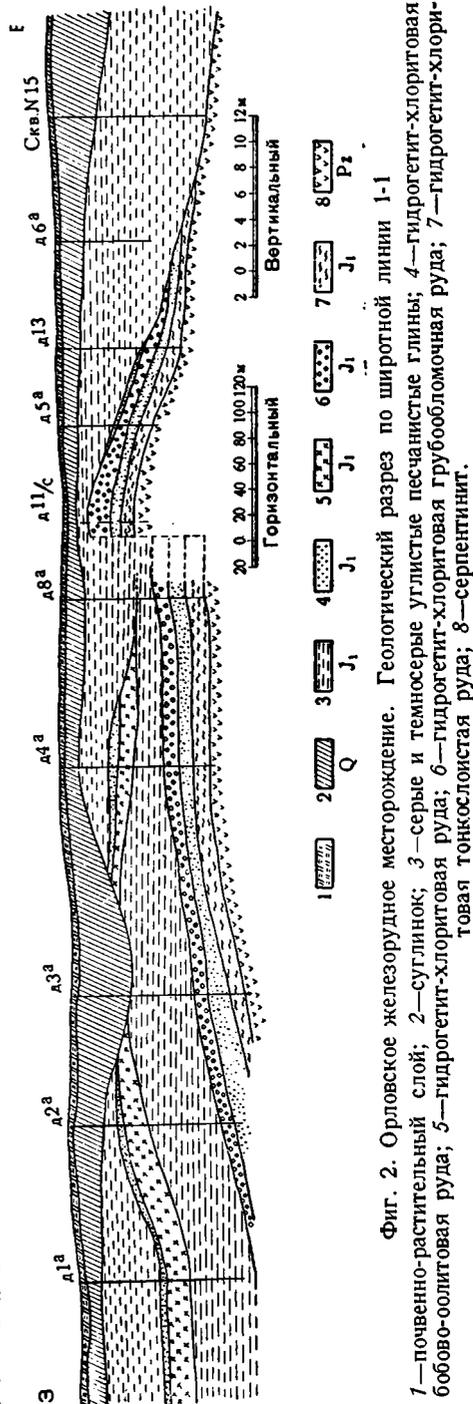
Четвертичные отложения развиты в долине р. Сухой Губерли. Они представлены здесь аллювиальными отложениями. В разрезах пойменных террас иногда наблюдаются бурые суглинки, косослоистые пески, глины, перемежающиеся с речным галечником.

Железорудное месторождение находится в полосе, приуроченной к восточному борту Баймакской депрессии. Восточным бортом является здесь меридиональная антиклинальная зона правобережья р. Елшанки, представляющая складчатую область интенсивно дислоцированных палеозойских пород. По данным Е. Э. Разумовской (1935) кремнистые сланцы, спиллиты, диабазы и туфы верхнего силура сложены здесь в ряд крутых складок, которые имеют близкое к меридиональному северо-западное простирание.

В пределах рудного участка отмечается ряд проявлений тектонических подвижек мезо-кайнозойского времени. Ряд наблюдающихся мелких сбросов или прогибов имел место еще во время отложений рудной толщи. Примером может служить широтный разрез через Орловское месторождение по линии I—I (фиг. 2). Из разреза можно сделать вывод, что после отложения грубообломочных (глиноземистых) железных руд, повидимому, произошло опускание западной части серпентинитового массива. В образовавшейся впадине происходило сначала отложение зеленоватых и розоватых песчанистых глин, а затем пестроцветных бокситовидных и железистых глин. На приподнятом же восточном участке накопление осадков в это время, повидимому, не происходило. После того как эта впадина была выполнена песчано-глинистой толщей, отложение железных бобовых руд распространилось уже как на западный, так и на восточный участок разреза. Опускание дна Баймакской депрессии продолжалось и после отложения рудной толщи. Об этом свидетельствует погружение рудного тела к западу от железорудного карьера, где это явление имеет резко выраженный характер. В широтных разрезах по разведочным линиям 0—1 (фиг. 3) и 1—0 (фиг. 4) мы также видим резкое, ступенчатое погружение рудной залежи на запад.

### Форма и условия залегания рудного тела

По материалам геолого-разведочных работ 1930—1931 гг. видно, что рудное тело было оконтурено на площади около 2.2 км<sup>2</sup>. Эта рудная

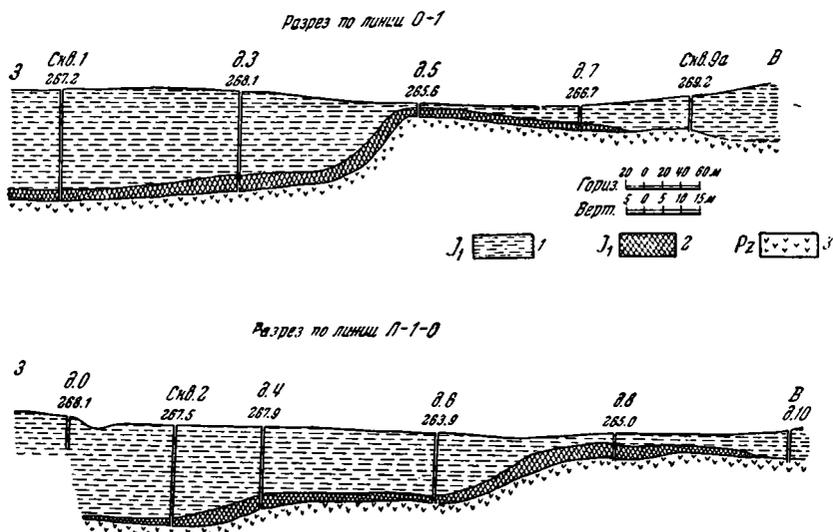


Фиг. 2. Орловское железорудное месторождение. Геологический разрез по широтной линии 1-1

1—почвенно-растительный слой; 2—суглинок; 3—серые и темносерые углистые песчаные глины; 4—гидрогетит-хлоритовая бобово-оолитовая руда; 5—гидрогетит-хлоритовая грубообломочная руда; 6—гидрогетит-хлоритовая тонкослончатая руда; 7—гидрогетит-хлоритовая тонкослончатая руда; 8—серпентинит.

площадь на плане (фиг. 1) имеет неправильную форму. Восточные контуры ее протягиваются почти по прямой линии в меридиональном направлении, за исключением участка к югу от карьера, где контуры ее делают резкий изгиб на запад. Западные контуры рудной площади образуют дугообразный выступ, вытянутый к западу.

Следует отметить, что границы рудного тела оконтурены схематично и в самых грубых чертах, ибо некоторые участки площади остались неразведанными. Поэтому мы не можем утверждать, что рудная залежь



Фиг. 3 и 4. Орловское месторождение (по данным И. Л. Рудницкого, 1936 г.)  
Разрезы по линиям 0-1 и 1-0

1—песчано-глинистые отложения; 2—железная руда; 3—серпентиниты.

ограничивается пределами только оконтуренной площади, как это показано на плане. Возможно, что местами она протягивается и еще дальше на запад и на юг. Недостаточная разведанность южной и западной частей месторождения, повидимому, объясняется погружением рудного тела на значительную глубину и наличием ряда тяжелых геологических условий для проходки разведочных выработок (водоносность, газоносность и т. д.).

Наблюдениями в железорудном карьере и в разведочных выработках установлено, что рудное тело имеет пластообразную форму и залегает не всегда горизонтально: верхняя и нижняя поверхности рудной залежи местами являются очень неровными, особенно почва залежи, в связи с тем, что рудное тело выполняет карстовидные и карманообразные углубления на карбонатизированной поверхности серпентинитового массива. Как видно из профилей, составленных по целому ряду разведочных линий, рудная залежь в некоторых местах осложнена довольно резкими изгибами, а может быть и ступенчатыми погружениями некоторых ее участков на различную глубину. Не исключена также возможность сильной раздробленности и, возможно, разрыва залежи в этих тектонически нарушенных участках.

Условия залегания рудного тела на Орловском месторождении можно изучать только по разведочным и горным выработкам — железорудному карьере и разведочным дудкам.

В железорудном карьере, который находится на северном участке

рудной площади, рудное тело залегает вблизи поверхности. Карьер вытянут с севера на юг на протяжении около 350 м. На всем этом протяжении по его бортам вскрыты покрывающие породы и рудная толща, а в почве карьера хорошо обнажены подстилающие породы.

Покрывающие породы представлены нижеюрскими серыми и желтовато-серыми углистыми глинами с прослойками алевроитов, песков и щебня. Общая мощность их весьма непостоянна и колеблется от 0 до 3.5 м. В северной части карьера по восточному его борту серые углистые глины местами совершенно отсутствуют и рудное тело покрыто только почвенно-растительным слоем мощностью около 0.40 м. По западному борту карьера мощность серых юрских глин также колеблется от 0.80 до 3.0 м.

Серые юрские углистые глины местами постепенно переходят в нижележащие железные руды. Наиболее полный разрез рудной толщи наблюдается в западном борту карьера. Здесь рудное тело имеет хорошо выраженную пластообразную форму и состоит из нескольких почти горизонтально залегающих пластов. Мощность рудного тела в южной части карьера 4.5 м, в северо-восточной — около 1.0 м. На север и на восток от карьера оно выклинивается. Поверхность рудного тела неровная. Абсолютные высотные отметки ее колеблются от 263.5 м в северной части до 361.0 м в центральных частях карьера. Неровный характер поверхности рудной залежи обуславливается неравномерным и, повидимому, неоднократным ее размывом. Первый разрыв рудная толща претерпела еще до отложения на нее юрской песчано-глинистой толщи. Это наблюдается в самом южном конце карьера, где верхние горизонты рудной толщи совершенно смыты, а в нижних горизонтах пласты руды по мере продвижения к югу делаются все более трещиноватыми, затем переходят в элювий и еще южнее в грубообломочный материал, который относится уже к делювию и состоит из неокатанных обломков железных руд различного типа.

Размывы рудной залежи, наблюдающиеся в северо-восточной части карьера, относятся к послеюрскому времени. Более точное время размыва установить не представляется возможным, так как покрывающие породы на этом участке смыты, за исключением отдельных лоскутков серых юрских углистых глин.

Нижняя поверхность рудного тела еще более неровная в связи с многочисленными карстовидными углублениями, имеющимися на подстилающих ее серпентинитах. Железные руды, выполняя все эти неровности, образуют целый ряд карманообразных углублений, различной величины и формы.

Граница между рудной залежью и подстилающими породами довольно отчетливая. В самых нижних горизонтах рудной толщи, на границе ее с подстилающими породами, залегают либо крепкие, плитчатого характера руды, состоящие из плотного гидрогетита, реже гидрогематита, местами с прожилками и гнездами кальцита и марказита, либо тонкослоистые гидрогетит-хлоритовые руды, которые также довольно резко ограничиваются от подстилающих их серпентинитов.

Большинство старых разведочных дудок ко времени изучения нами месторождения (1936) обвалилось и только несколько дудок оказались пригодными для изучения в них условий залегания рудной толщи. Поэтому, по договору с Чкаловским (быв. Оренбургским) облпланом, на Орловском месторождении в 1936 г. железорудным отрядом Южно-Уральской экспедиции Академии Наук СССР были поставлены дополнительно разведочные работы, выразившиеся в проходке ряда дудок по двум разведочным линиям: по линии I—I и по линии II—II.

Разрез по линии I—I. Как видно из разреза (фиг. 2), рельеф земной поверхности довольно ровный. Высотные отметки постепенно понижаются на запад.

Покрывающие породы представлены толщей нижнеюрских глин, алевроитов, песков и щебня. Верхние горизонты этой толщи обычно песчанистые или алевроитовые, нижние более глинистые. В восточной части разреза, в дудке ба, в верхних горизонтах залегают желтоватые и серые слоистые, слюдястые, гипсоносные, сильно песчанистые глины. На глубине около 2 м от поверхности они образуют горизонт грунтовых вод. Проба этой воды, горько-соленой на вкус, была проанализирована в химической лаборатории б. Ломоносовского института Академии Наук СССР в 1937 г. (аналитик Т. Переверзева). В ней найдено (в миллиграммах на литр): CaO 440, MgO 2933, SO<sub>3</sub> 1917, Cl 2050, FeO 0.2, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.0, Na<sub>2</sub>O 951.6, K<sub>2</sub>O 61.75. Вода значительно обогащена магнием, кальцием, натрием и хлором.

В нижних горизонтах, под водоносным горизонтом, глина более жирная, пластичная и углистая.

В западной части разреза, в дудке За, в верхних горизонтах залегают крупно- и мелкозернистый песок с прослойками щебня и включениями галек кварца, общей мощностью около 2.5 м. Ниже залегают серые углистые глины. Глина слоистая, плотная, вязкая, на ощупь довольно жирная, в некоторых горизонтах более песчанистая и слюдястая. Очень часто она содержит включения углистых частиц и растительные остатки в виде стеблей, корней и листьев юрской флоры. Иногда в этих же горизонтах встречаются стяжения серых глинистых сидеритов, в виде конкреций до 5—8 см в поперечнике. В поверхностных частях они окислены и замещены плотными корками гидрогетита. Следует отметить, что серые углистые глины местами обильно выделяют газ, не поддерживающий горения, наличие которого затрудняло проходку разведочных выработок и требовало усиленной их вентиляции.

Грунтовые воды в этой части разреза обнаружены на глубине 8—9 м; значительный приток воды вынудил прекратить дальнейшую проходку некоторых дудок. Анализ пробы грунтовой воды, взятой из дудки 1а, дает следующее содержание (в миллиграммах на литр): CaO 44.0, MgO 61.9, SO<sub>3</sub> 250.0, Cl 3.06, Fe 0.2. Как видно, грунтовые воды здесь менее минерализованы, чем в восточной части разреза.

Общая мощность песчано-глинистой юрской толщи в этом разрезе колеблется от 1 до 10—12 м.

Ниже, под песчано-глинистой толщей, залегают рудное тело, в виде неровной пластообразной залежи с резкими колебаниями высотных отметок как кровли, так и почвы (фиг. 2). В самой восточной части разреза, в дудке 13, рудная залежь находится на глубине 6—7 м от поверхности. Здесь абсолютные высотные отметки кровли достигают 252.0 м и почвы 249.5 м. От дудки 13, по направлению к западу рудное тело постепенно идет на подъем и достигает своего высотного максимума в дудке 11, где оно залегают всего лишь на глубине около 1.5 м от поверхности и имеет высотную отметку кровли 256.5 м, а почвы — 253.5 м. В дудке 8а, которая расположена в 60 м к западу от дудки 11, рудная залежь оказывается вновь погруженной на глубину. Кровля залежи имеет здесь высотную отметку 250.5 м, почвы—249.5 м. Разница в уровнях залегания рудного тела между этими двумя средними выработками достигает около 6 м. На таком же низком уровне рудное тело залегают в дудке 4а, но затем, начиная от дудки 8а, по направлению на запад к дудкам 3а, 2а, 1а и дальше, оно постепенно погружается на еще большую глубину.

Судя по этим данным, можно прийти к выводу, что на участке между дудками 5а, 11а и 8а рудное тело образует как бы антиклинальную складку, восточное крыло которой, прослеженное дудками 5а и 13, полого падает на восток. Как ведет себя западное крыло между дудками 11 и 8а, нам неизвестно. Но можно предполагать здесь либо

крутой изгиб пластов, либо дизъюнктивные дислокации с разрывом сплошности пластов и с образованием сброса.

Мощность рудного тела в пределах этого разреза остается почти постоянной и составляет в среднем около 2.5 м.

Граница рудного тела с подстилающими породами обычно довольно отчетливая. Залегающие под рудной толщей серпентиниты сильно выветрелые, трещиноватые, карбонатизированные и представляют такую же карбонатную зону древней коры выветривания, которая отмечалась нами в железорудном карьере.

В дудке 4а на глубине 3.75 м от поверхности обнаружена вторая пластообразная рудная залежь, которая состоит из двух слоев руды: верхний представлен гидрогетит-хлоритовой бобово-оолитовой рудной мощностью 0.45 м, нижний—из гидрогетит-хлоритовой глинистой руды мощностью около 0.50 м. Эта залежь распространена в западной части месторождения. Из широтного разреза по линии I—I (фиг. 2) видно, что от дудки 4а она протягивается на некоторое расстояние к западу, затем в дудке 3а оказывается полностью размытой и обнаруживается вновь в дудке 2а на глубине около 3.60 м, где мощность верхнего оолитового слоя составляет около 0.25 м, а нижнего глинистого — около 1.3 м. От дудки 2а по направлению к западу рудная залежь постепенно погружается и в дудке 1а находится на глубине около 6 м. По направлению на восток от дудки 4а она выклинивается и в дудке 8а уже не обнаруживается.

От нижней залежи верхняя отделена светлосерыми, буроватыми и пестроцветными глинами. Непосредственно под верхней залежью залегают пестрые глины, с пятнистой розовой, красной, серой и белой окраской. Верхняя поверхность пестроцветных глин оказывается местами неравномерно размытой. Мощность этих глин составляет в среднем около 1.2 м. Книзу они переходят в серые, буроватые и зеленоватые глины. Последние содержат в своем составе значительное количество мельчайших частиц хлорита, каолина и гидрогетита. Химический состав этих глин приведен в табл. 1.

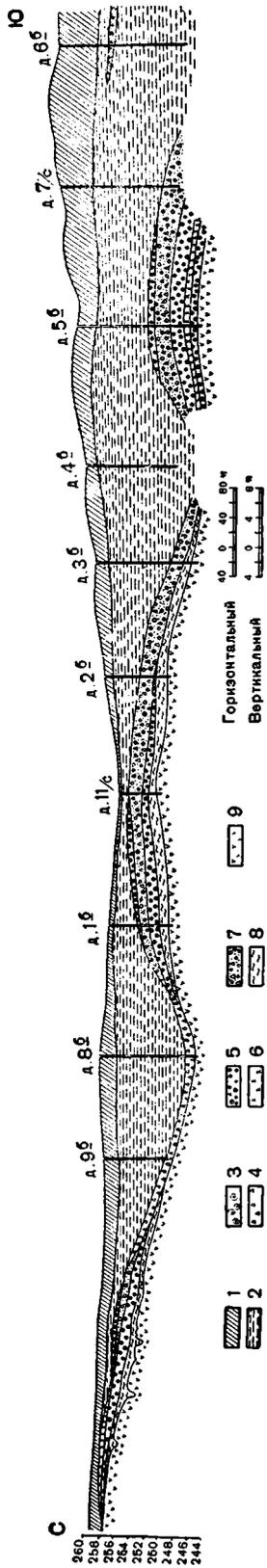
Таблица 1  
Химический состав глин, залегающих под верхней рудной залежью (в %)

Глины	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	CaO	MgO	NiO	H <sub>2</sub> O	Сумма
Пестроцветные	18.72	4.87	37.97	13.57	0.80	0.83	0.16	0.38	0.31	—	20.55	98.16
Буровато-зеленые . . .	36.92	3.09	30.41	12.45	0.33	0.40	—	сл.	0.10	0.09	16.02	99.81

Химические анализы произведены в ИГН АН СССР, аналитик Н. И. Влодавев (1937).

Как видно из этой таблицы, в составе пестроцветных глин отмечается повышенное содержание глинозема. Под микроскопом в них обнаружен гидраргиллит. В буровато-зеленых глинах присутствуют железистый хлорит, каолинит, гидрогетит.

Сравнивая химические анализы этих глин, особенно пестроцветных, с анализами и минералогическим составом бокситов различных месторождений северо-восточного Казахстана и Тихвинского месторождения, мы видим, что некоторые прослойки пестроокрашенных глин Орловского месторождения обнаруживают сходство с некоторыми бокситовыми рудами и могут быть отнесены к ним.



Фиг. 5. Орловское железорудное месторождение. Продольный разрез по линии II-II

1—суглинок; 2—серые и темносерые углистые песчаные глины; 3—жеоды и конкреции глинистых сидеритов; 4—рудный делювий; 5—гидрогетит-хлоритовая бобово-олиговая руда; 6—гидрогетит-хлоритовая тонкослоистая руда; 7—гидрогетит-хлоритовая грубообломочная руда; 8—гидрогетит-хлоритовая руда; 9—серпентинит.

Разрез по разведочной линии II—II (фиг. 5). Разрез проходит вдоль восточной части рудного участка и протягивается в меридиональном направлении на расстояние около 1.5 км. Он начинается по западному борту карьера, а затем проходит по целому ряду дудок, расположенных к югу от него. Рельеф поверхности в средней и северной частях разреза довольно ровный, в южной более всхолмленный. Покрывающие породы представлены теми же юрскими серыми углистыми глинами, алевролитами и песками. В дудках 16, 86, 96 серые углистые глины содержат значительное количество растительных остатков в виде стеблей и листьев, относящихся к юрской флоре. В северной и средней частях рудного участка нижние горизонты имеют обычно темносерую окраску, содержат мелкие частицы обугленной древесины и насыщены углекислым газом. В южной части месторождения толща серых углистых глин становится более алевроитово-песчанистой. Здесь чаще обнаруживаются прослойки песка и песчаников. В дудке 66 на глубине от 6.50 м до 6.70 м встречены каравеобразные конкреции глинистых сидеритов, покрытые с поверхности корками гидрогетита и гидрогематита. Сидеритовый горизонт находится между песчанистыми глинами и довольно плотными и крепкими песчаниками. В этой же дудке на глубине 17 м встречен водоносный горизонт среди сильно углистого песчано-глинистого слоя. Общая мощность песчано-глинистой толщи в пределах описываемого разреза колеблется от 1 до 20 м.

Под юрской песчано-алевритово-глинистой толщей залегает рудная пластообразная залежь. Пласты руды местами залегают почти горизонтально, но на некоторых участках разреза отмечается слабое погружение их на север или на юг. Глубина залегания рудного тела колеблется в северной части месторождения от 1 до 3 м, в средней от 1 до 3 м и в южной от 9—12 м и глубже. Средняя мощность рудной залежи около 3 м. Размыты рудной толщ отмечаются и по этому разрезу. Так, в дудке 86 рудная толща была полностью смыта и частично переотложена, на это указывает обломочный характер руды. Последняя состоит из обломков и галек железных руд, кварца, хлоритов, обломков бобов и

оолитов, а также из значительного количества кусков обугленной древесины и растительного угля. Весь этот обломочный материал сцементирован плотным темнозеленым лептохлоритом и гидрогетитом. Размыв рудной толщи в этом месте происходил еще до отложения на нее серых юрских углистых глин в период временного выхода на поверхность рудного тела, которое затем вновь было залито водами.

Размыв рудной толщи того же времени отмечается и в южной части месторождения. Здесь в дудке 5б тонкослоистые руды, в нижних горизонтах рудной толщи, совершенно отсутствуют, а пласт железной руды с полукатанными гальками бобовых и оолитовых руд и с перетолженными бобами и оолитами залегает непосредственно на карбонатизированных серпентинитах.

Как показано на разрезе (фиг. 5), рудное тело залегает на неровной поверхности серпентинитового массива. Серпентиниты, обнаженные в разведочных выработках, сильно выветрелые, карбонатизированные и аналогичны тем серпентинитам, которые обнажены в железорудном карьере.

Условия и характер залегания рудного тела можно проследить и по целому ряду других разрезов, составленных Орской геолого-разведочной базой по материалам разведочных работ 1930—1931 гг. Не останавливаясь на всех этих разрезах, укажем разрез по разведочной линии 0—1 (фиг. 3), проходящей в широтном направлении через южную половину железорудного карьера на запад. На этом разрезе видно, что рудное тело к востоку от дудки 5 находится на глубине от 2 до 4 м, залегает почти горизонтально и постепенно выклинивается на восток. По направлению же к западу от карьера и от дудки 5 рудная залежь резко погружается и на участке дудки 3 и скважины № 1 находится уже на глубине около 25—30 м от поверхности. Целый ряд других широтных разрезов через месторождение также показывает довольно резкие погружения рудной залежи по направлению к западу. Все эти факты свидетельствуют о том, что рудное тело по направлению к западу в разных местах испытало ряд вертикальных движений, сопровождавшихся опусканием рудной залежи на большую или меньшую глубину.

Таким образом из всего сказанного можно прийти к следующим выводам.

1. Рудное тело залегает на карбонатной зоне доюрской древней коры выветривания серпентинитов. Поверхность серпентинитового массива неровная и покрыта карстовидными углублениями.

2. Постепенные переходы от выветрелых серпентинитов к рудной толще встречены не были. Граница между ними выделяется довольно отчетливо.

3. Рудная толща приурочена к юрским континентальным отложениям и занимает в них самые нижние горизонты. Верхние же горизонты юры, покрывающие рудную толщу, представлены песчано-алевритоглинистыми отложениями с растительными остатками и углистыми включениями (хайбуллинская свита). Местами, между рудной толщей и покрывающими ее песчано-глинистыми отложениями, наблюдаются постепенные переходы.

4. Как показывают исследования, образование рудной толщи происходило в бассейне озерно-болотного характера, путем отложения механических и химических осадков. Размывающиеся продукты выветривания серпентинитов и других пород района сносились в виде шлама и мути в водный бассейн, где и отлагались, образуя слоистые хлоритовые породы. Позже, в связи с изменением физико-химических условий бассейна, в нем на ряду с механическими песчанистыми осадками началось выпадение из растворов железистых и хлоритовых бобов и оолитов, а у береговой полосы шло отложение галечного материала и образование грубообломочных (конгломератовидных) руд.

5. Рудная толща в разное время подвергалась неравномерным размывам, а местами и частичному переотложению железных руд.

6. Залегание рудной залежи в некоторых местах горизонтальное, но обычно она имеет наклон по направлению к западу и обнаруживает ряд ступенчатого характера погружений на большую или меньшую глубину. Эти нарушения рудной залежи связаны с радиальными тектоническими проявлениями, имевшими место в этом районе после ее образования.

Сравнивая Орловское месторождение с другими аналогичными месторождениями Халиловского района: Мало-Халиловским, Ново-Киевским, Георгиевским и др., следует отметить следующие отличительные его черты:

1) Расположение Орловского месторождения около восточного борта Баймакской депрессии, тогда как остальные месторождения приурочены к западному ее борту.

2) Сильная карбонатизация (кальцитизация) подстилающих руду серпентинитов на Орловском месторождении при полном отсутствии здесь кремнистых пород, тогда как на других месторождениях, наоборот, преобладают последние.

3) Сильная распространенность в рудной толще Орловского месторождения вторичных железистых хлоритов, которые местами замещают гидрогетитовые бобово-оолитовые образования, что на других месторождениях встречается очень редко.

### Строение рудного тела

Строение рудной залежи на Орловском месторождении носит неоднородный характер. Особенно эта неоднородность отмечается в вертикальном направлении, по которому можно выделить целый ряд слоистых горизонтов, совершенно различных по текстурным особенностям минеральных агрегатов.

Характер строения рудной залежи можно проиллюстрировать на целом ряде примеров. В северной части месторождения, в наиболее полных разрезах рудной толщи, наблюдающихся по западной стенке железорудного карьера, можно выделить следующие четыре типа ее строения рудной массы (сверху вниз): 1) бобовое, 2) грубообломочное (конгломератовидное), 3) бобово-оолитовое и 4) тонкослоистое.

Бобовый тип строения обусловлен наличием бобовых шаровидных образований, достигающих в среднем от 1 мм до 4 мм в диаметре и сцементированных гидрогетит-хлоритовым плотным цементом. Грубообломочное (конгломератовидное) строение характеризуется наличием окатанного, полуокатанного и неокатанного галечного и песчаного рудного и нерудного материала, сцементированного плотным гидрогетитом и хлоритом. Бобово-оолитовый тип строения отличается наличием как бобовых, так и оолитовых образований, которые в разных количествах и в беспорядке рассеяны среди гидрогетит-хлоритовой цементирующей массы. Тонкослоистый характер строения рудной залежи обусловлен наличием тонких линзовидных пропластков гидрогетита и железистого хлорита, переслаивающихся между собой.

Хотя такой порядок строения рудной залежи и выдерживается на значительной площади рудного участка, однако местами имеются отклонения от этого разреза, выражающиеся в отсутствии некоторых из указанных типов железных руд и в присутствии новых их типов. Например, на самом южном участке месторождения в дудке 5б, по линии II—II, тонкослоистые руды совершенно отсутствуют, и бобово-оолитовая руда залегает непосредственно на серпентинитах. Несколько севернее от этой дудки, в дудках 2б и 3б, наблюдается обратная картина. Здесь, в рудной толще, отсутствуют бобово-оолитовые руды, тогда как мощ-

ность тонкослоистых руд достигает 1.50 м. В северной части месторождения под бобово-оолитовыми и тонкослоистыми рудами местами встречаются сплошные корковые гидрогетитовые руды, мощностью до 0.15—0.20 м. Наконец, известен случай, когда рудная толща расчленена на две самостоятельные залежи, отделенные друг от друга слоем пестрой буровой и серой глины. Примером может служить разрез по дудке 4а по линии I—I, где представлены (сверху вниз):

1. Бобовзя руда—мощность в среднем около . . . .	0.45 м
2. Охристая глина " " " . . . .	0.40 "
3. Глины песчанистые (буры, серые розоватые) " " " . . . .	2.00 "
4. Грубообломочная руда " " " . . . .	0.70 "
5. Бобово-оолитовая " " " . . . .	0.85 "
6. Тонкослоистая " " " . . . .	1.00 "

Такой же характер строения рудной залежи отмечается в ряде разведочных выработок к западу от дудки 4а.

В некоторых местах рудная толща частично или нацело размыта. Полный размыв рудной толщи отмечается на участке южнее карьера. Здесь в дудке 9б по линии II—II железной руды не оказалось, но была встречена темнозеленая хлоритовая порода с включением отдельных рудных галек. Таким образом строение рудного тела в пределах оконтуренной рудной площади довольно изменчиво как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях.

### Минералогический состав руд

В составе рудной толщи принимает участие целый ряд минералов, как то: гидрогетит, гидрогематит, магнетит, сидерит, марказит, вадасболан, хромшпинелиды, кальцит, кварц, гидраргиллит, каолинит, нонтронит, гипс и различного состава железистые хлориты.

Гидрогетит пользуется наибольшим распространением в рудной залежи, являясь одной из главных составных частей руды. В зависимости от формы сложения и физических свойств минеральных агрегатов, можно выделить следующие разновидности гидрогетита: 1) порошокватые или охристые, 2) сплошные, плотные, 3) бобовые и оолитовые и 4) волокнистые.

Порошковатый и охристый гидрогетит представляет собою желтую или бурую рыхлую порошокватую массу, иногда образованную из комков, которые все же легко растираются в порошок. Твердость их 1—2. Излом землистый. Минеральная масса охристого гидрогетита дает на фарфоровой пластинке черту от желтого до бурого цвета. Блеск черты матовый. Удельный вес порошокватого гидрогетита около 3.3.

Под микроскопом порошокватый охристый гидрогетит представляет желтую или бурую микроволокнистую или микрозернистую массу, микроскопические волокна и зерна которой действуют на поляризованный свет. Под микроскопом в порошокватой минеральной массе гидрогетита обычно наблюдаются угловатые реликтовые зерна хромшпинелидов, точечные черные, непрозрачные зерна магнетита, нередко встречаются железистые побуревшие изотропные хлориты с показателем преломления  $N = 1.665 \pm 0.002$ .

Рыхлые порошокватые массы гидрогетита широко распространены в тонкослоистых гидрогетит-хлоритовых рудах, залегающих в нижних горизонтах рудной толщи. В других горизонтах они хотя и встречаются, но в малых количествах. Эта масса слагает отдельные пятна, гнезда, пылевидные налеты на поверхности кусков и по стенкам трещин в различных типах железных руд. Образуется она в результате выветривания

и разрушения железосодержащих минералов, особенно железистых хлоритов, находящихся в зоне кислородного выветривания.

Охристый, рыхлый гидрогетит наблюдается также среди жеодистых стяжений и конкреций, где он является продуктом разрушения и окисления сидеритов. Иногда охры гидрогетита выполняют внутреннюю полость жеоды или же находятся в промежутках между плотными концентрически-скорлуповатыми корками гидрогетита и гидрогематита в конкрециях.

Для химических анализов охристая желтая масса была взята в Орловском карьере из тонкослонистых руд. Результаты анализов даны в табл. 2.

Таблица 2

**Химический и минералогический состав охристой порошковатой массы из тонкослонистых руд Орловского карьера**

Компоненты	Ве- сов. %	Молек. колич.	Пересчет химич. состава на минералогический состав					Остаток от пересчета	Влага (H <sub>2</sub> O—110°)
			Хром- шпинелиды	Каль- цит	Хлорит	Гидро- гетит			
SiO <sub>2</sub>	4.77	79	—	—	76	—	3	—	
TiO <sub>2</sub>	0.10	1	—	—	—	—	1	—	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.63	45	5	—	38	—	2	—	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	72.10	451	—	—	36	415	—	—	
FeO	0.05	1	1	—	—	—	—	—	
MnO	0.40	6	—	—	1	—	5	—	
CaO	0.42	7	—	2	4	—	1	—	
MgO	1.20	30	16	—	14	—	—	—	
K <sub>2</sub> O	0.03	—	—	—	—	—	—	—	
Na <sub>2</sub> O	0.10	2	—	—	—	—	2	—	
SO <sub>3</sub>	0.06	1	—	—	—	—	1	—	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.13	14	12	—	2	—	—	—	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.01	—	—	—	—	—	—	—	
CO <sub>2</sub>	0.10	2	—	2	—	—	—	—	
H <sub>2</sub> O +	10.45	580	—	—	114	446	—	—	
H <sub>2</sub> O —	2.85	158	—	—	—	—	—	158	
Сумма .	99.40	—	—	—	—	—	—	—	

Химические анализы производились в химической лаборатории б. Ломоносовского института АН СССР В. Н. Малышевой (1937).

Методика пересчета химического состава на минералогический состав была следующая:

1) Из штуфного образца, который был химически проанализирован, готовят несколько прозрачных шлифов (или полированных) характеризующих породу по разным направлениям. Затем на основании оптического изучения устанавливается наличие минералов в шлифе и, если необходимо, в порядке контроля производится подсчет количеств различных минералов планиметрическим или линейным способами по методам В. Н. Лодочникова (1932).

2) Весовые данные химических анализов образца пересчитываются на молекулярные количества и вносятся в графу 3 (табл. 2).

3) Устанавливается последовательность пересчета молекулярных количеств и минералогический состав, который нам уже известен из микроскопического изучения шлифов. Учитывая данные молекулярных количеств и минералогический состав, мы подбираем такие минералы, с которых удобнее было бы начать пересчет.

4) Нами был начат пересчет с хромшпинелидов, предполагая, что главная масса  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  должна быть связана с ними, оставляя некоторое количество  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  для хлоритов, поскольку химанализы отобранных хлоритов показывают наличие в них незначительного количества последнего. Ориентировочно берем за его формулу состав:  $(\text{MgFe})\text{O} \cdot (\text{Cr}, \text{Al})_2\text{O}_3$ , который был установлен А. Г. Бетехтиным и С. А. Кашиным (1937) для хромшпинелидов некоторых халиловских месторождений хромита. По этой формуле подбираем молекулярные количества и, вычитая их из гр. 3 (табл. 2), вносим в гр. 4.

5) В шлифах нами констатировано очень незначительное количество кальцита. Ведем пересчет на кальцит. Вычитаем из гр. 3 молекулярные количества  $\text{CaO}$  и  $\text{CO}_2$  и переносим их в гр. 5.

6) Затем приступаем к пересчету на хлорит. Оптические исследования позволяют отнести его к группе железистых хлоритов. Показатель преломления его  $N = 1.665 \pm 0.002$ .

Для этого хлорита ориентировочно была взята формула следующего состава:  $4\text{SiO}_2 \cdot 4(\text{Al}, \text{Fe}, \text{Cr})_2\text{O}_3 \cdot (\text{Mn}, \text{Mg}, \text{Ca})\text{O} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , по которой вычитались молекулярные количества и вносились в гр. 6 (табл. 2). Пересчет молекулярных количеств этого хлорита мы начинали с группы  $\text{RO}$ .

7) Оставшееся количество  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{H}_2\text{O}$  было перечислено на гидрогетит и отнесено в гр. 7. Отношение  $\text{Fe}_2\text{O}_3 : \text{H}_2\text{O}$  оказалось в нем равным 1 : 1.2.

Результаты пересчета химического состава охристой порошковатой массы на минералогический состав получены в следующем виде (в весовых %):

1. Гидрогетит . . . . .	73.25
2. Хлорит . . . . .	19.97
3. Хромшпинелиды . . . . .	3.53
4. Кальцит . . . . .	0.20
5. Влага ( $\text{H}_2\text{O}-110^\circ$ ) . . . . .	2.85
6. Остаток от пересчета . . . . .	0.20
<hr/>	
Сумма . . . . .	100.00

Кривая нагревания порошковатого охристого гидрогетита была определена в физико-химической лаборатории ИОНХ Академии Наук СССР Е. Я. Роде. На кривой нагревания (фиг. 6) имеется два эндотермических эффекта: один при  $140^\circ$ , другой при  $320^\circ$ . Первый эффект отвечает непрерывному удалению воды, а второй разрушению частиц гетита.

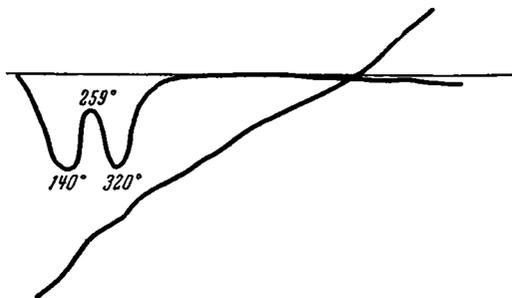
Сплошной плотный гидрогетит. Макроскопически представляет собою сплошную плотную массу желтовато-бурого или темно-бурого цвета. На фарфоровой пластинке дает бурую черту. Блеск по большей части матовый, но иногда полуметаллический. Удельный вес 3.7 — 4.2. Минеральный состав обычно неоднородный. В нем очень часто содержатся гидрогематит, кальцит, сидерит, марказит, железистые прохлориты и другие минералы, из которых одни образуют среди сплошной массы гидрогетита мельчайшие прожилки и гнезда, другие же представлены включениями отдельных зерен неправильной формы.

Под микроскопом в прозрачных шлифах наблюдается тонкозернистая или микроволоконистая бурая или буровато-красная масса, действующая на поляризованный свет. Среди этой микрокристаллической массы иногда встречаются пятнистые участки бурого цвета с неясными, расплывчатыми очертаниями, которые при самых сильных увеличениях не обнаруживают кристаллической структуры и состоят из очень тонкодисперсного аморфного железистого вещества.

В полированных шлифах сплошные плотные разновидности гидрогетита имеют серый цвет. Порошок их в косом свете окрашен в желтовато-бурый цвет. Явления анизотропии и плеохроизма не наблюдается. Травление полированной поверхности минерала  $\text{HCl}$  (уд. вес 1.19) в те-

чение 10 минут в одних случаях оставляло неясные следы, в других случаях приводило к разъеданию минеральной массы с образованием в протравленных участках шероховатой поверхности.

Гидрогетит с матовым блеском слагает оруденелые корки, находящиеся в самых нижних горизонтах рудной толщи непосредственно на поверхности выветрелых серпентинитов. Сплошные плотные корки гидрогетита наблюдаются в северной части карьера, прожилки же и гнезда сплошных гидрогетитов с матовым или полуметаллическим блеском можно встретить в различных местах рудной залежи, особенно часто в грубообломочных и бобово-оолитовых железных рудах. В некоторых местах из плотного гидрогетита состоит и цементирующая масса в бо-



Фиг. 6. Кривая нагревания порошкового охристого гидрогетита

бово-оолитовых рудах. Наконец, плотный и довольно крепкий гидрогетит, иногда вместе с гидрогематитом, слагает стенки жеод, а также концентры в конкрециях.

Таблица 3

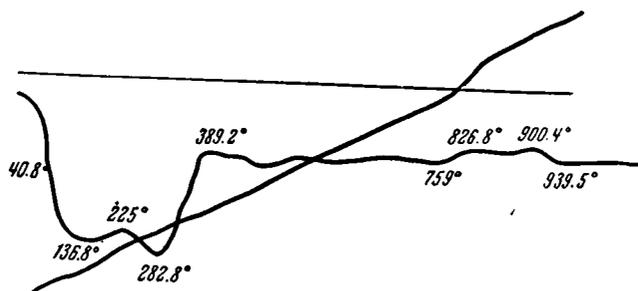
Химический состав сплошного плотного гидрогетита из корковых руд Орловского карьера (в %)

Компоненты	Количество	Компоненты	Количество
SiO <sub>2</sub> . . . . .	3.20	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0.76
TiO <sub>2</sub> . . . . .	—	CO <sub>2</sub> . . . . .	2.12
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1.03	SO <sub>3</sub> . . . . .	0.05
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	72.72	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.04
FeO . . . . .	0.36	H <sub>2</sub> O— . . . . .	1.60
MnO . . . . .	1.41	H <sub>2</sub> O+ . . . . .	10.83
CaO . . . . .	1.60		
MgO . . . . .	3.73	Сумма . . . . .	99.45

Химическая лаборатория ИГН АН СССР (1937 г.), аналитик В. М. Сендрова.

Для химических анализов и термических исследований был отобран плотный гидрогетит из корковых руд. Как показывают химические анализы (табл. 3), содержание в нем Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> достигает 72.72% и H<sub>2</sub>O 12.43%, остальное падает на примеси. Отобранная минеральная масса плотного гидрогетита была изучена в прозрачных шлифах под микроскопом. Основная масса шлифа представлена микрокристаллической оптически деятельной желтовато- и красновато-бурой массой гидрогетита, среди которой наблюдались прожилки и отдельные скопления карбонатов и хлоритов, а также включения мельчайших зерен хромшпинелидов и магнетита. Среди карбонатов иммерсионным методом были определены кальцит, сидерит и магнезит.

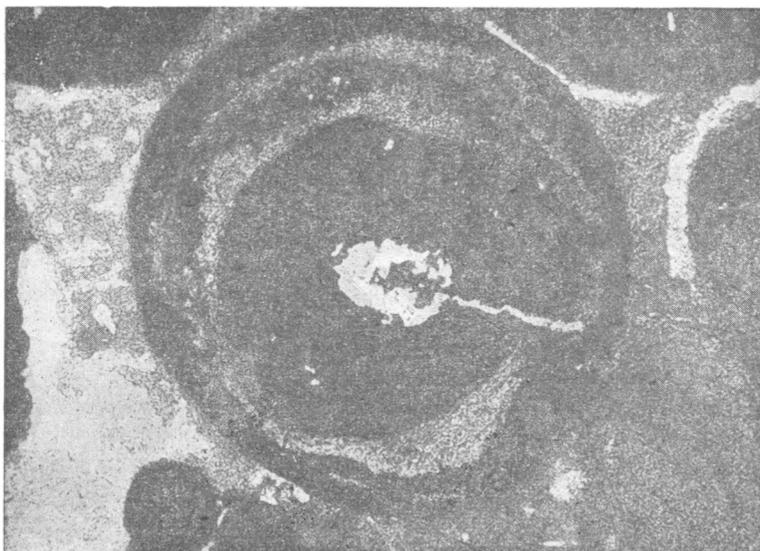
Кривые нагревания сплошных плотных гидрогетитов из корковых руд (фиг. 7), полученные Е. Я. Роде в 1936—1937 гг., в лаборатории ИОНХ Академии Наук СССР, имеют два эндотермических эффекта при  $40.8$ — $136.8^\circ$  и при  $225$ — $282.8^\circ$ ; что соответственно отвечает непрерывному удалению воды из гидрогетита и гидрогематита и разложению гетита. В области высоких температур имеются слабо выраженные терми-



Фиг. 7. Кривая нагревания сплошного плотного гидрогетита

ческие эффекты при  $759^\circ$ ,  $826.8^\circ$  и  $900.4^\circ$ , природа которых еще не выяснена. Повидимому эндотермический эффект при  $759^\circ$  относится за счет хлорита, количество которого в образце достигает 23%.

Бобовые и оолитовые образования гидрогетита. Оолиты имеют округлую форму и концентрически-скорлуповатое строе-



Фиг. 8. Строение оолита (черное—гидрогетит, серое — железистый хлорит, белое — гидрагиллит),  $\times 170$ . Николи +

ние (фиг. 8 и 9). Однако, в тех оолитах, которые были затронуты процессами выветривания, с имевшими в них место растворением, выщелачиванием, выносом и переотложением железистого вещества, концентрически-скорлуповатое строение обычно выражено неясно, а в сильно выветрелых и измененных оолитах оно совершенно затушевано. Такие оолиты невозможно отличить от бобов. Цвет минеральной гидрогетитовой массы, слагающей бобы и оолиты, а также цвет их черты на фарфоровой пластинке желтовато-бурый, темнобурый и красновато-бурый. Твердость у некоторых выветрелых бобов и оолитов около 2,

у более крепких от 3 до 5. Удельный вес от 3.5 до 4.3. Блеск по большей части матовый, реже полуметаллический и металлический. Размеры бобов и оолитов колеблются от  $< 0.5$  мм до 3—5 мм в диаметре. Бобы и оолиты по своему минералогическому составу могут быть однородными и неоднородными. Обычно они неоднородные.

У оолитов концентры могут состоять из разных минералов, как-то: гидрогетита, гидрогематита, кальцита, хлорита. Нередко в них присутствуют хромшпинелиды, магнетит и гидраргиллит. Количество концентров бывает различное, но по большей части их два-три. Центральную часть оолита слагает ядро, представленное песчинкой, чешуйкой или обломком зерна гидрогетита, гидрогематита, хлорита, магнетита или хромшпинелидов. Обломки зерен хромшпинелидов наблюдаются также и в периферических частях оолита. В составе бобов находятся те же



Фиг. 9. Строение оолита (черное — гидрогетит, серое — хлорит).  
Микрофото,  $\times 170$ . Николи +

минералы, что и в оолитах. Наблюдающиеся в некоторых бобах и оолитах трещины усыхания, в оолитах обычно располагаются концентрически и радиально, в бобах — по разным направлениям. Микротрещинки бывают выполнены хлоритом, карбонатами, гидраргиллитом (фиг. 8) или же гидрогетитом.

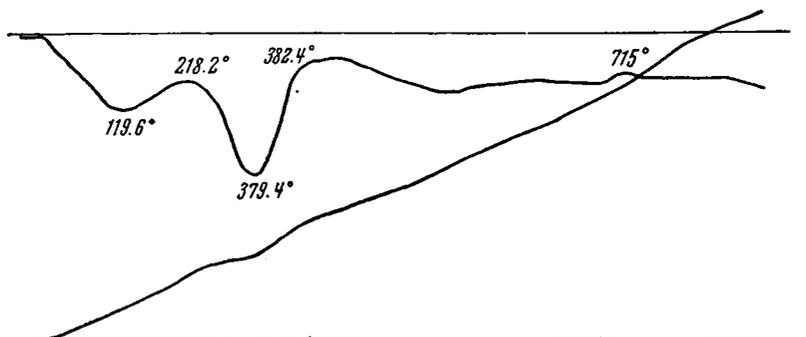
В полированных шлифах под микроскопом окраска гидрогетита серая. Цвет порошка желтовато-бурый. Плеохроизм и анизотропия отсутствуют. Травление гидрогетитовых бобов и оолитов производилась концентрированной HCl (уд. вес 1.19) на холоду, путем наложения на них капель, в продолжение 5 и 10 минут. В некоторых случаях оно не оказало никакого воздействия, в других вызвало появление на поверхности шероховатых пятен с желтовато-бурым налетом.

Для выяснения химического состава гидрогетитовых бобов и оолитов последние отбирались из бобово-оолитовых руд и тщательно освобождались от цементирующей массы. Затем проверялась их черта на фарфоровой пластинке. Результаты химических анализов двух образцов показаны в табл. 4. Повышенное количество кремнезема, глинозема, воды и других компонентов в бобах и оолитах обусловлено наличием железистых хлоритов, гидраргиллита, кальцита и других примесей.

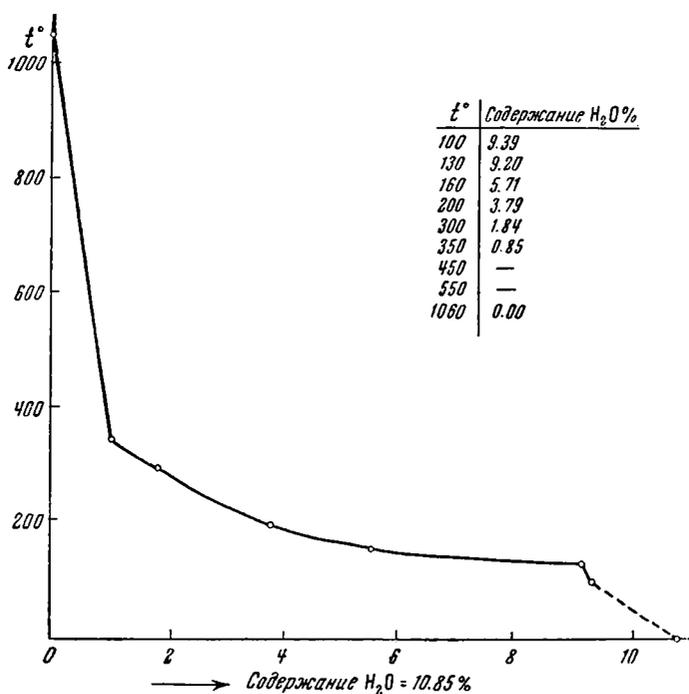
Кривые нагревания (фиг. 10) образца 210с имеют две оста-

новки с максимумом при температуре 119.6° и при 218.2—379.4°. Это типичная кривая разложения гидрогетита. Первый термический эффект (119.6°) сравнительно слабо выражен, что указывает на сравнительно небольшое количество непрерывно удаляемой из гидрогетита цеолитной воды.

Кривая обезвоживания (фиг. 11) подтверждает высказанное положение. Она представляет типичную кривую обезвоживания гидрогетита.



Фиг. 10. Кривая нагревания гидрогетитовых бобов и оолитов. Обр. № 210с.



Фиг. 11. Кривая обезвоживания гидрогетитовых бобов и оолитов. Обр. 210с.

Волокнистый гидрогетит. Эта разновидность гидрогетита обычно образует стенки в жеодах. Нередко она встречается в натечных почковидных и корковых образованиях по стенкам трещин и в пустотах, где образует зонарные параллельно-волоконистые и пучковато-игольчатые агрегаты. Некоторые из более раскристаллизованных волоконцев имеют способность расщепляться на более мелкие части.

Цвет минеральной массы, слагающей волокна, и цвет черты ее на фарфоровой пластинке желтовато-бурый. Блеск матовый и шелковистый. Излом занозистый. Удельный вес 4.1.

Таблица 4

## Химический состав бобово-оолитовых образований гидрогетита (в %)

Компоненты	Образец из дудки 8, линия I—I	Образец из Орловского карьера
SiO <sub>2</sub> . . . . .	6.19	3.64
TiO <sub>2</sub> . . . . .	3.49	3.76
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	7.38	15.35
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	71.65	62.62
FeO . . . . .	3.28	0.91
MnO . . . . .	0.05	0.09
CaO . . . . .	0.57	следы
MgO . . . . .	0.82	0.36
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1.54	2.17
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	не обн.	следы
S . . . . .	0.04	0.12
NiO . . . . .	не обн.	0.01
CoO . . . . .	не обн.	—
H <sub>2</sub> O+ . . . . .	3.10	8.18
H <sub>2</sub> O— . . . . .	3.19	2.57
Сумма . . . . .	101.30	99.78

Химическая лаборатория ИГН АН СССР (1937),  
аналитик В. Н. Малышева.

Под микроскопом в прозрачных шлифах волокнистые агрегаты очень хорошо действуют на поляризованный свет. Довольно хорошо выражены зоны нарастания перпендикулярно удлинению волокон. Местами наблюдаются отдельные зерна хромшпинелидов и участки, состоящие из метаколлоидного зеленоватого хлорита. Показатели преломления этого хлорита определялись иммерсией,  $N = 1.670$ .

В полированных шлифах минеральная масса имеет серовато-белый цвет. Характер полированной поверхности гладкий. Твердость средняя. Цвет порошка желтовато-бурый. Наблюдаются слабый плеохроизм и анизотропия. Реагенты HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и царская водка в течение 10-минутного травления какого-либо заметного воздействия на минерал не оказали.

Жеоды с волокнистым гидрогетитом встречаются среди рудного делювия в северной части месторождения.

Химический состав волокнистого гетит-гидрогетита приведен в табл. 5.

Таблица 5

## Химический состав волокнистого гидрогетита жеоды Орловского карьера (в %)

Компоненты	Количество	Компоненты	Количество
SiO <sub>2</sub> . . . . .	1.47	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0.04
TiO <sub>2</sub> . . . . .	следы	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.14
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2.11	S . . . . .	следы
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	84.04	H <sub>2</sub> O+ . . . . .	11.07
FeO . . . . .	—	H <sub>2</sub> O— . . . . .	0.58
MnO . . . . .	0.40		
CaO . . . . .	0.35		
MgO . . . . .	0.20	Сумма . . . . .	100.40

Химическая лаборатория ИГН АН СССР (1937), аналитик  
В. Н. Малышева.

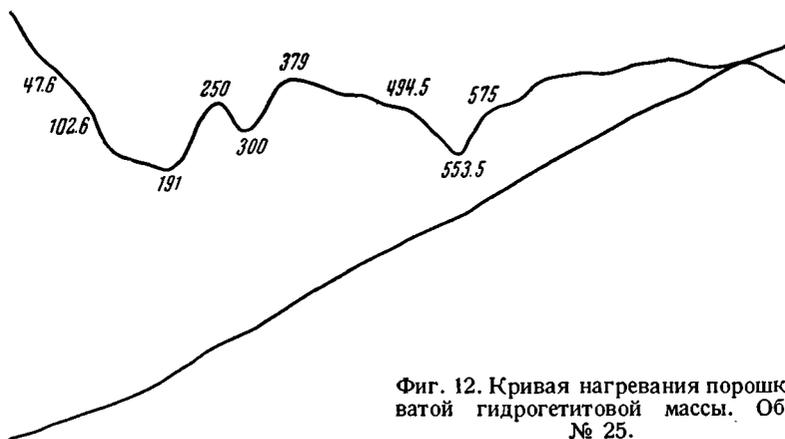
Отношение  $\text{FeO}_3 : \text{H}_2\text{O}$  в этом гидрогетите равно 1 : 1.1.

Кроме перечисленных выше разновидностей гидрогетита, местами в кавернах и пустотах в верхних горизонтах рудной толщи наблюдаются псевдоморфные образования гидрогетита по сидериту в виде короткостолбчатых, почковидных и пластинчатых агрегатов.

**Гидрогематит.** По форме и по характеру строения минеральных агрегатов можно выделить следующие разновидности гидрогематита: 1) порошковатые, охристые, 2) сплошные, плотные и 3) бобовые и оолитовые.

**Порошковатый гидрогематит.** Эта разновидность гематита представляет собою порошковатую, рыхлую, иногда слабо связанную массу. Твердость ее 1—2. Цвет от буровато-красного до яркокрасного. Черта красная. Блеск матовый. Удельный вес 3.21—3.63. Под микроскопом в прозрачных шлифах наблюдается буровато-красная микростристая масса, местами действующая на поляризованный свет.

Порошковатые массы гидрогематита наблюдаются в разных горизонтах рудной залежи. В нижних горизонтах, в тонкослоистых гидроге-



Фиг. 12. Кривая нагрева порошковатой гидрогетитовой массы. Обр. № 25.

тит-хлоритовых рудах они образуют гнезда и линзовидные пропластки, окрашенные в красные цвета. Они были встречены в дудке 3б и в железорудном карьере в карстовидных и карманообразных углублениях.

В верхних горизонтах рудной залежи порошковатые охристые гидрогематиты наблюдаются внутри жеодистых стяжений, на стенках их внутренней полости или в виде их рыхлого ядра. Образование такой разновидности гидрогематита происходило, повидимому, за счет окисления сидерита, составляющего ранее ядро этой жеоды.

Красная рыхлая масса из ядра жеоды содержит (в %):  $\text{SiO}_2$  10.09,  $\text{TiO}_2$  0.64;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  8.79;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  67.92;  $\text{FeO}$  0.01;  $\text{MnO}$  0.48;  $\text{CaO}$  0.27;  $\text{MgO}$  0.63;  $\text{NiO}$  0.04;  $\text{CO}_2$  0.33;  $\text{H}_2\text{O} +$  3.12;  $\text{H}_2\text{O} -$  6.45; S 0.18.

Повышенное содержание глинозема и кремнезема относится за счет железистого прохлорита, который констатирован в шлифах под микроскопом.

На кривой нагрева (фиг. 12), полученной Е. Я. Роде, имеются три эндотермические остановки: при 47.6—191°, при 300° и при 494.5—553.5°. Анализируемый образец, как видно из положения этих остановок, является смесью гидрогематита, гидрогетита и хлорита. Первая остановка, повидимому, отвечает непрерывному удалению воды из гидрогематита и гидрогетита, вторая — разложению гетита, а третья по своему положению отвечает хлоритовой остановке.

**Плотный сплошной гидрогематит** представляет собою плотные сплошные образования, иногда с незначительными кавернами. Твердость от 3 до 5. Удельный вес 3.92—4.25. Цвет минерала от буро-

вато-красного до вишнево-красного. Черта кирпично-красная или вишнево-красная. Излом неровный, в более плотных и крепких разностях плоско раковистый. Блеск матовый. Структура микрозернистая, реже микроконкреционная и микроволокнистая. Состав минеральных агрегатов по большей части неоднородный; на ряду с гидрогематитом обычно присутствует гидрогетит. Встречаются также гнезда с прожилками кальцита, сидерита и железистого хлорита.

Под микроскопом в тонких прозрачных шлифах часто наблюдается микрозернистая, реже тонковолокнистая темнокрасная масса, местами ясно действующая на поляризованный свет. Нередко можно наблюдать довольно хорошо сохранившуюся мелкозернистую структуру бывших сидеритов или остатки их зерен, свидетельствующих об образовании гидрогематита и гидрогетита в этих местах за счет окисления и замещения ими сидерита.

Сплошные плотные образования гидрогематита и гидрогетита наблюдаются в северной части карьера, где они образуют оруденелые корки в нижних горизонтах на выветрелой поверхности карбонатизированных серпентинитов. Сплошные плотные образования гидрогематита с кавернами были обнаружены в дудке 8а по линии I—I на глубине 10—40 м среди тонкослоистых руд, в самых нижних горизонтах рудной толщи. На этой же глубине местами встречаются гнезда до 5—8 см в поперечнике, состоящие из мелкозернистого серого сидерита, который в поверхностных своих частях частично замещен гидрогематитом и гидрогетитом.

В полированных шлифах в отраженном свете цвет минерала серовато-белый. Цвет порошка красный. Анизотропия и плеохроизм выражены неясно. Травление HCl (уд. вес 1.19) и царской водкой в течение 10 минут дало отрицательный результат.

Оолитовые и бобовые образования гидрогематита. По своей форме, строению и размерам гидрогематитовые бобы и оолиты не отличаются от гидрогетитовых. Но они отличаются от них своей кирпично- или вишнево-красной окраской и такой же чертой на фарфоровой пластинке. Твердость у выветрелых рыхлых бобов и оолитов около 1—2, у более крепких достигает 4. Блеск матовый. Излом землистый, неровный. Удельный вес 4.58—4.74.

Под микроскопом в прозрачных шлифах гидрогематитовая масса, слагающая бобы и оолиты, оказывается по большей части микрозернистой, реже очень тонко дисперсной. Микрозернистая масса ясно действует на поляризованный свет. Минералогический состав бобов и оолитов обычно не однородный: очень часто встречаются гидрогетит, магнетит, хромшпинелиды, железистые прохлориты и кальцит.

В полированных шлифах цвет минерала в отраженном свете серовато-белый. При царапании иглой можно получить порошок красного цвета. Явления анизотропии и плеохроизма в виду очень мелкозернистого характера минерала наблюдать не представляется возможным.

Оолитовые и бобовые образования гидрогематита в рудной залежи встречаются в незначительном количестве. Большей частью они поодиночке рассеяны в верхних ее горизонтах, в гидрогетит-хлоритовых рудах. Только в очень редких случаях, как это видно по западной стенке карьера, они образуют линзовидные пропластки до 5—10 см мощности. В этих прослойках гидрогетитовые бобы и оолиты местами сцементированы также плотным сплошным гидрогематитом.

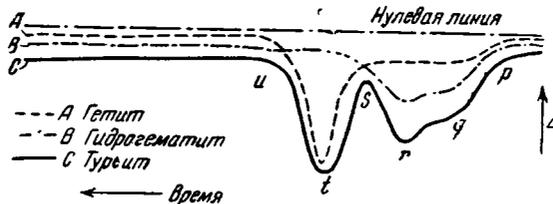
Для химических анализов из руды отбирались бобы и оолиты с кирпично-красной чертой. Химический состав их приведен в табл. 6. Пересчет химического состава на минералогический состав показывает, что содержание в них гидрогематита + гидрогетита достигает 79.10%. Количество хлорита составляет 10.49%, гидраргиллита 2.10%, кальцита 1.96%, магнетита 2.50%, хромшпинелидов 1.05%.

Химический состав бобовых и оолитовых образований гидрогематита

Компоненты	Весов. %	Молек. колич.	Пересчет химического состава на минералогический состав							
			Хромиш- нелиды	Кальцит	Сидерит	Магнетит	Гидрат- гиллит	Хлорит- желези- зистый	Гидрогема- тит, гидро- гетит	Остаток от пересчета
SiO <sub>2</sub> . . . . .	2.03	34	—	—	—	—	—	34	—	—
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.12	1	—	—	—	—	—	—	—	1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1.35	13	1	—	—	—	6	6	—	—
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	82.90	518	1	—	—	13	—	27	477	—
FeO . . . . .	1.99	27	2	—	2	13	—	10	—	—
MnO . . . . .	0.96	13	—	—	—	—	—	—	—	13
CaO . . . . .	0.66	12	—	12	—	—	—	—	—	—
MgO . . . . .	0.42	10	3	—	—	—	—	7	—	—
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0.55	4	3	—	—	—	—	1	—	—
K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O . . . . .	2.34	—	—	—	—	—	—	—	—	—
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.64	4	—	—	—	—	—	—	—	4
SO <sub>3</sub> . . . . .	0.03	0.5	—	—	—	—	—	—	—	0.5
CO <sub>2</sub> . . . . .	0.70	14	—	12	2	—	—	—	—	—
H <sub>2</sub> O± . . . . .	4.46	248	—	—	—	—	18	51	179	—
Сумма . . . . .	99.15	—	—	—	—	—	—	—	—	—

ИГН АН СССР, аналитик А. Петросян (1936).

Турь и т. На основании физико-химических исследований Е. Я. Роде (1936) можно считать доказанным, что турьит не является однородным минералом, а представляет собою смесь гидрогематита ( $\alpha = \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot aq$ ) и гидрогетита ( $\alpha = \text{FeO} \cdot \text{OH} \cdot aq$ ). Эта смесь, по видимому, является физической, ибо типичные кривые нагревания турьитов дают две ясно выраженные волны, которые могут быть получены сложением кривых нагревания гидрогетита и гидрогематита (фиг. 13).



Фиг. 13. Схематические кривые нагревания железистых минералов.

В самом деле, точки *P*, *q*, *r* на схеме кривой нагревания турьита весьма характерны для гидрогематита, а точки *s* и *t* — для гидрогетита. Физико-химические свойства турьитов могут быть выведены из свойств составляющих их соединений.

Турьитовая природа бобовых и оолитовых образований из Орловского месторождения была доказана Е. Я. Роде в 1937—1938 гг. путем получения кривых нагревания образцов (№ 1 и 5), переданных на физико-химические исследования.

Бобы и оолиты были отобраны из бобово-оолитовой руды. Форма, размеры и строение их ничем не отличаются от гидрогетитовых и гидрогематитовых бобов и оолитов. Они имеют твердость около 3—4. Удель-

ный вес 4.70. Окраска их темнобурая. Черта буровато-черная. Блеск матовый. Как видно, цвет черты и окраска турьитовых бобов и оолитов все же отличается своими буровато-черными тонами.

Под микроскопом в прозрачных тонких шлифах наблюдается микрозернистая темнобурая и темнокрасная масса, слагающая бобы и оолиты. В полированных шлифах цвет этой минеральной массы, слагающей бобы и оолиты, серовато-белый. Цвет порошка буровато-красный. Анизотропия и плеохроизм не наблюдаются. Цвет внутренней рефлексии отсутствует.

Химический состав бобово-оолитовых образований турьита приведен в табл. 7.

Таблица 7

Химический состав бобово-оолитовых образований турьита (в %)

Компоненты	Образец № 1	Образец № 2
SiO <sub>2</sub> . . . . .	1.38	3.31
TiO <sub>2</sub> . . . . .	1.67	2.07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	3.52	5.29
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	84.38	82.84
FeO . . . . .	6.78	2.36
MnO . . . . .	0.07	0.10
CaO . . . . .	не обн.	не обн.
MgO . . . . .	0.40	0.22
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0.33	0.17
NiO . . . . .	следы	0.12
CoO . . . . .	не обн.	следы
S . . . . .	не обн.	0.01
Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O . . . . .	0.03	0.03
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.22	0.40
H <sub>2</sub> O± . . . . .	1.60	3.99
Сумма . . . . .	100.38	100.91

ИГН АН СССР, аналитик Г. В. Соколова (1931).

Наличие кремнезема, глинозема и ряда других компонентов в бобах и оолитах относится за счет хлорита, гидраргиллита и других минералов. TiO<sub>2</sub>, повидимому, связана с Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и FeO в виде титано-магнетита. Отношение молекулярных количеств между Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и H<sub>2</sub>O следующее: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : H<sub>2</sub>O=1 : 1.08 (обр. № 1) и 1 : 1.11 (обр. № 5).

Кривая нагревания образца № 1 (фиг. 14) характеризуется наличием ряда эндотермических остановок с максимумами при t°=191, 336 и 632.7. Затем следует экзотермическая остановка с максимумом при 735.3°. Первая эндотермическая остановка, повидимому, соответствует гидрогематиту, вторая — гидрогетиту. Остановка при 632.7° относится к хлориту.

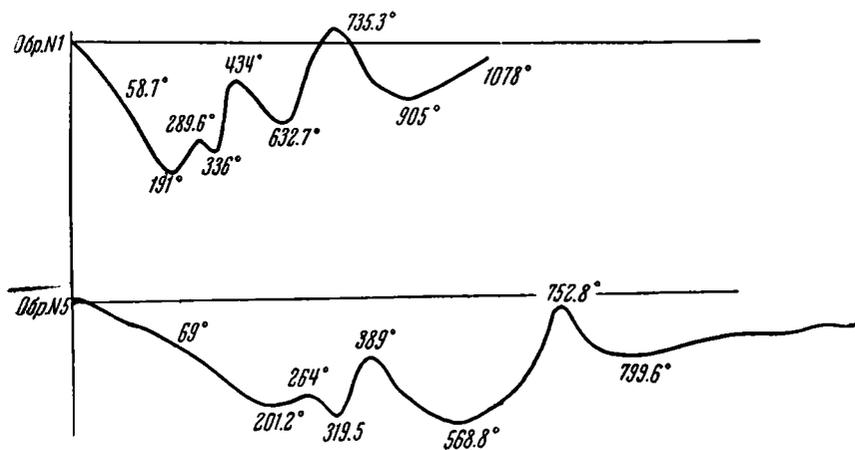
Кривая нагревания образца № 5 (фиг. 14) почти аналогична предыдущей кривой образца № 1. Здесь мы имеем также три эндотермических остановки с максимумами при 201.2, 319.5 и 568.8° и экзотермическую остановку с максимумом при 752.8°. Как видно, первая эндотермическая остановка соответствует гидрогематиту, вторая гидрогетиту и третья хлориту.

**Магнетит.** Магнетит встречается в рудной залежи в виде мелких октаэдрических кристаллов по большей части от 2 до 3 мм в поперечнике. Цвет черный. Черта минерала черная. Блеск металлический. Удельный вес 5.10. Рентгенометрические исследования, произведенные в 1937 г.

в рентгенометрической лаборатории Ломоносовского института Академии Наук, показывают обычную решетку магнетита.

Под микроскопом в проходящем свете минеральная масса не прозрачная и окрашена в черный цвет. В отраженном свете полированная поверхность минерала имеет пепельно-серый цвет. Цвет порошка в косом свете черный. Травление минеральной массы в полированных шлифах производилось HCl (уд. вес 1.19) в течение 3 минут. Реактив действовал положительно.

Октаэдрические кристаллы магнетита были найдены в северной части карьера, по восточной стенке, среди делювия в виде пористых и ноздреватых корок и охристой комковатой массы на глубине около 1.5 м от поверхности. В этих пористых и ноздреватых корках кристаллы магнетита покрывают стенки пустот в виде щеток. Местами отдельные кристаллы магнетита вырастают в охристую порошокватую массу гидрогетита. Вместе с магнетитом здесь были обнаружены игольчатые белые радиально-лучистые кристаллы арагонита с показателями преломления  $N_g=1.686 \pm 0.002$ ,  $N_m=1.632 \pm 0.002$ ,  $N_p=1.530 \pm 0.002$ ,  $N_g-N_p=0.156$ .



Фиг. 14. Кривые нагревания турьитовых бобов и оолитов

Октаэдры магнетита были отобраны для химического анализа и проанализированы в химической лаборатории б. ЛИГЕМ в 1937 г. (аналитик А. Петросян). В составе магнетита оказалось (в %):  $SiO_2$  1.62;  $TiO_2$  0.08;  $Al_2O_3$  0.74;  $Fe_2O_3$  71.55;  $FeO$  23.35;  $H_2O^+$  1.29;  $H_2O^-$  0.08.

Наблюдаются так же отдельные мелкие точечные микроскопические зерна магнетита в тонкослойных и бобово-оолитовых гидрогетит-хлоритовых рудах. В прозрачных шлифах они черные и непрозрачные. В отраженном свете имеют пепельно-серую окраску. Очень малые размеры этих частиц не дают возможности охарактеризовать их более подробно. Повидимому, эти точечные, мельчайшие зерна магнетита являются остаточными продуктами выветривания серпентинитов.

**Хромшпинелиды.** Хромшпинелиды встречаются во всех горизонтах рудной толщи и во всех типах железных руд, в виде отдельных обломочных зерен, обычно неправильной и остроугольной формы, величиной до 0.2—0.3 мм. Очень часто зерна хромшпинелидов бывают разбиты трещинами и по этим трещинам местами развиваются процессы разложения и замещения минеральной массы хромшпинелидов буровато-зеленой хлоритоподобной массой и бурыми гидроокислами железа.

В бобово-оолитовых рудах мельчайшие песчинки хромшпинелидов обнаруживаются как в самих бобах и оолитах, так и в цементирующей их массе. В оолитах они могут находиться либо в центральной части,

в качестве ядра, либо в их периферических частях. В гидрогетит-хлоритовых тонкослоистых и других рудах зерна хромшпинелидов рассеяны по всей массе руды без видимой закономерности.

**Сидерит.** Сидерит в рудной толще имеет небольшое распространение. Он наблюдается в виде прожилков и гнезд в различных горизонтах рудного тела. Наиболее богаты сидеритом гидрогетит-хлоритовые грубообломочные (конгломератовидные) руды, которые распространены в восточной части месторождения, где и были встречены дудкой 5а по линии I—I. Сидерит является здесь минералом вторичным, выделившимся в виде прожилков и гнезд уже после отложения рудной толщи.

Местами гнезда и прожилки сидерита наблюдаются также в бобово-оолитовых рудах, в дудках, находящихся к юго-востоку от железорудного карьера. В самом карьере по западной стенке были также обнаружены гнезда сидерита до 5—8 см в поперечнике на границе бобово-оолитовых и тонкослоистых руд. Сидерит был заключен в плотную корку буро-го гидрогетита. Сидерит зеленовато-серый, крепкий, мелкозернистый. Излом неровный. Блеск стеклянный. Удельный вес его 3.72. Под микроскопом обнаруживает мелкозернистое лапчатое строение. Оптически одноосный, отрицательный. Показатели преломления определялись иммерсионным методом:  $n_g = 1.853 \pm 0.002$ ,  $n_p = 1.633 \pm 0.002$ .

Гнезда сидерита наблюдаются и в самых нижних горизонтах рудной толщи. В дудке 8а по линии I—I он был встречен на глубине около 10 м в самой нижней части гидрогетит-хлоритовых тонкослоистых руд, близ выветрелой поверхности карбонатизированных серпентинитов, подстилающих рудную толщу. Местами сидерит окислен и замещен гидрогематитом и гидрогетитом.

**Марказит.** Подобно сидериту встречается в различных горизонтах рудной толщи. Залегает в виде гнезд до 5—8 см в поперечнике. Агрегаты по большей части микрозернистые. Цвет минерала желтый. Черта буровато-черная. Удельный вес 4.29.

Марказит наблюдается в значительном количестве в железорудном карьере в виде гнезд и прожилков среди плотных и ноздревато-пористых гидрогетитовых корок. Марказит находится здесь в самом нижнем горизонте рудной толщи, близ выветрелой карбонатизированной поверхности серпентинитов. В некоторых местах марказит окислен и замещен гидроокислами железа (гидрогетитом).

Отдельные гнезда марказита наблюдаются как в бобово-оолитовых рудах (в дудке 8а по линии I—I), так и в гидрогетит-хлоритовых тонкослоистых рудах (в дудках 2б и 3б по линии II—II). В железорудном карьере в бобово-оолитовом горизонте рудной толщи на стенках трещин были встречены почковидные натечные образования марказита с довольно ясно выраженными концентрическими зонами их нарастания. Размеры почек до 1.2 см в диаметре.

**Вада.** Местами в рудной толще, в разных ее горизонтах, наблюдаются тонкие пленки, прожилки и пятна, состоящие из аморфной черной массы, которая по своим свойствам ближе всего подходит к ваду. Твердость 1—2. Черта черная. Блеск матовый, иногда смолистый. Отдельные качественные анализы этой массы показывают наличие марганца. Имеющиеся у нас химические анализы проб разных типов железных руд, которые содержат значительное количество указанных выше черных прожилков, показывают повышенное содержание марганца. Так, в некоторых бобово-оолитовых рудах содержание  $MnO$  достигает 6.12%, в тонкослоистых 1.5—2.0 и до 4.56%.

Следует отметить, что в некоторых марганцовистых прожилках, залегающих в тонкослоистых рудах, вместе с марганцем ассоциируют кобальт и никель, что было доказано целым рядом химических анализов (Калганов, 1937). Последнее обстоятельство позволяет говорить о наличии здесь асболан-вада.

**Хлориты.** Прежде чем давать характеристику хлоритов Орловского месторождения, автор считает не лишним вкратце остановиться на истории изучения этой группы минералов.

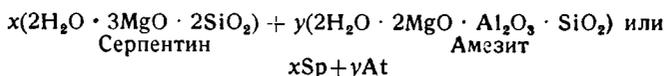
Изучение хлоритов началось еще в начале прошлого столетия, однако до сих пор мы не имеем достаточно полной и исчерпывающей их классификации.

Результаты специальных исследований, касавшихся вопросов конституции хлоритов, были опубликованы Ф. Кобеллем (Kobell) в 1839 г. и Р. Германном (Hermann) в 1847 г.

В большей или меньшей мере хлориты затрагиваются также в обзорах о силикатах, опубликованных в разное время Гергардтом (Gerhardt, 1835), Бедеккером (Bedecker, 1857), и др. исследователями. Гаусгофер (Haushofer, 1874) делает попытки дать структурные представления о хлоритах.

Почти в те же годы выдвигается теория Раммельсберга (1875) о составе хлоритов. Он рассматривает хлориты как изоморфные смеси силикатов и алюминатов. Позже он ввел в формулу хлоритов гидроокись алюминия вместо алюмината, а вместо силиката — ортосиликат состава  $H_4R''_{12}Si_{17}O_{28}$  Грот (Groth, 1898), считавший ранее хлориты за соединения алюмината и ортосиликата, позже отказался от своих взглядов и примкнул к теории Чермака (Tschermak, 1891), который рассматривал хлориты как изоморфные смеси в различных пропорциях двух силикатов, из которых один, безглиноземный, имеет состав серпентина (Sp), другой же, глиноземистый, состав минерала амезита (At).

Общую формулу хлоритов Чермак представлял в следующем виде:



Хлориты, укладываемые по своему составу в общую формулу  $xSp + yAt$ , Чермак относит к ортохлоритам, в отличие от лептохлоритов, химический состав которых не может быть объяснен смесью двух силикатов: амезита и серпентина, ибо кроме них в составе последних имеются и другие соединения. Так, например, они могут содержать значительное количество FeO, F<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, иногда NiO, CoO и др.

В. И. Вернадский и С. М. Курбатов (1937) рассматривают хлориты как средние и кислые соли и продукты присоединения к солям многоосновных кремне-глиноземистых кислот.

Группу хлоритов В. И. Вернадский классифицирует по преобладающим кислотам ядра на следующие группы: 1) алюмосиликаты — ортохлориты, лептохлориты; 2) феррисиликаты — турингиты; 3) хромсиликаты — кочубейты, родохромы; 4) гидрохлориты — алюмосиликаты, содержащие много цеолитной воды.

Винчел (Winchell, 1928) и Орсель (Orsel, 1927) считают деление хлоритов на ортохлориты и лептохлориты нецелесообразным, так как в химическом отношении они не обнаруживают резких отличий, а наоборот, образуют один большой ряд.

Орсель строит свою классификацию хлоритов, в основу которой им взято отношение  $SiO_2 : R_2O_3 = s$ , причем значения коэффициента  $s$  для разных групп хлоритов могут колебаться. Значения коэффициента  $s$  для хлоритов указаны в табл. 8.

В. Искюль (1917) отрицает теорию Чермака о серпентино-амезитовом составе хлоритов и примыкает к взгляду В. И. Вернадского. Он считает, что хлориты представляют продукты присоединения к солевым производным кремне-глиноземистого ангидрида.

Для объяснения химического состава и структуры хлоритов был предложен и ряд других теорий, которые были построены на различных их признаках и свойствах. Объем настоящей статьи не позволяет

## Классификация хлоритов по Орселю

Название основания групп хлоритов	Значения $s = \text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3$	
	от	до
Амезит . . . . .	1.00	1.33
Корундофилит . . . . .	1.33	1.66
Прохлорит . . . . .	1.66	2.33
Прохлорит-клинохлор . . . . .	2.33	2.66
Клинохлор . . . . .	2.66	3.33
Клинохлор-пеннин . . . . .	3.33	3.66
Пеннин . . . . .	3.66	4.50

разобрать все эти теории, поэтому мы ограничимся лишь только указанием на Клерка (Clarke, 1895), Браунса (Braunс, 1894), Вийка (Wiik, 1894), В. и Д. Аш (Asch, 1911).

На ряду с химическими, минералогическими и оптическими исследованиями в последнее время стали применять при изучении хлоритов физико-химические и рентгенометрические методы исследования.

Дальмер (Dalmer, 1901), изучая дегидратацию хлоритов, установил, что ортохлориты теряют одну часть воды при температуре около 500—570°, остальную при красном калении; лептохлориты — при 440—450° и при 580—600°.

Термические и тензиметрические исследования целого ряда хлоритов были произведены Орселем. Для хлоритов с коэффициентом  $s$  от 1 до 3 и выше он приводит кривые нагревания, на которых получились две эндотермических остановки: первая при 550—600° и вторая при 720—800°. У амезита на кривой нагревания получились три эндотермические остановки: при 600°, 670° и 800°. Некоторые хлориты на ряду с эндотермическими остановками на кривой нагревания дали также и экзотермические эффекты. Так, например, корундофилит, пеннин, антигорит дают экзотермический эффект при температуре около 750—850°. На основании термических и тензиметрических исследований Орсель пришел к выводу о наличии у хлоритов двух гидратов, устойчивых в разных температурных интервалах.

Н. С. Курнаков и В. В. Черных (1930) получили ряд кривых нагревания этих хлоритов. Авторами установлено, что за счет выделения воды на кривых нагревания при разных температурах получается ряд остановок в связи с  $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$  и  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .

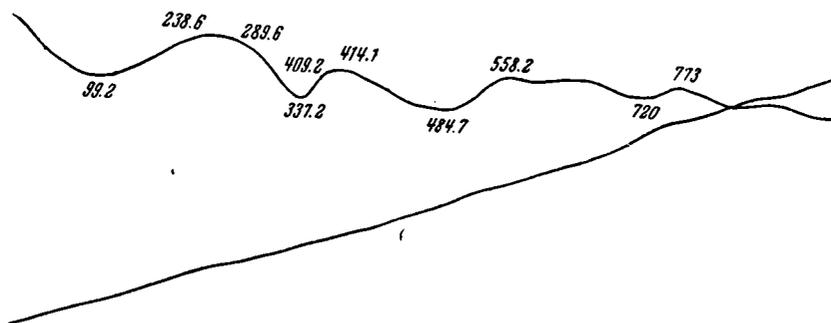
На основании термических исследований Н. С. Курнаков и В. В. Черных приходят к выводу, что взгляд Чермака на конституцию ортохлоритов как на большой изоморфный ряд с крайними членами серпентина и амезита подтверждается кривыми нагревания. Но они возражают против обособления лептохлоритов в специальную группу. Придерживаясь взгляда Винчела и Орделя, они рассматривают хлориты как один большой ряд, в котором имеется еще крайний железистый член дафнит ( $\text{H}_4\text{Fe}_2\text{Al}_2\text{SiO}_9$ ) и кронштедтит ( $\text{H}_4\text{Fe}''_2\text{Fe}'''_2\text{SiO}_9$ ), относимые Чермаком к лептохлоритам.

Хлориты, входящие в состав железных руд Орловского месторождения, относятся по классификации Чермака к лептохлоритам, а по Орселю — к группе железистых и алюмо-железистых прохлоритов. Эти хлориты пользуются очень широким распространением во всех горизонтах рудной толщи и представляют одну из главных составных частей железных руд.

В составе рудной залежи лептохлориты встречаются в виде аморф-

ных скрытокристаллических и микрочешуйчатых масс. Под микроскопом нередко наблюдаются и метаколлоидные хлориты.

Аморфные хлориты представляют собою по большей части плотную массу, твердость которой по шкале Мооса от 2.0 до 3.0. Окраска хлоритов часто меняется от светлозеленого до темнозеленого цвета. Подвергаясь процессам выветривания, хлориты обохриваются и приобретают желтовато-бурюю или буровато-красную пятнистую окраску. Аморфные хлориты иногда слагают бобы и оолиты, цвет которых под микроскопом в прозрачных шлифах также не всегда одинаковый. Так, например, в одном и том же оолите одни концентры могут быть окрашены в зеленый цвет, другие в желтовато-бурый, или буровато-красный. В некоторых хлоритовых бобах центральная их часть имеет желтый или буровато-красный цвет, а краевые части окрашены в зеленый цвет, в других, наоборот, центральная часть зеленая, а краевые части зеленовато-бурые. Удельный вес хлоритов колеблется от 2.65 до 3.25. Излом неровный, землистый. Блеск матовый. Показатели преломления у хлоритов (определялись иммерсионным методом) очень непостоянны и колеблются в зависимости от химического состава. Особенно влияют на повышение показателей преломления хлоритов гидроокислы железа. У обохренных,

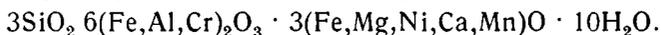


Фиг. 15. Кривая нагревания хлорита. Обр. № 0—34.

побуревших хлоритов, как правило, они выше, чем у зеленых. Если показатели преломления у зеленых хлоритов варьируют от  $N=1.640 \pm 0.002$  до  $N=1.664 \pm 0.002$ , то у обохренных буровато-зеленых хлоритов  $N$  может колебаться от  $1.668 \pm 0.002$  до  $1.751 \pm 0.002$ .

Нами был изучен зеленый хлорит из тонкослоистых руд (обр. 0—34) с показателем преломления  $N=1.648 \pm 0.002$ . По химическому составу (табл. 9) этот хлорит отличается высоким содержанием железа, причем здесь  $Fe_2O_3$  значительно преобладает над  $FeO$ , что характерно для большинства халиловских хлоритов.

По величине показателя преломления и наличию в наших хлоритах хрома и никеля, при повышенном содержании железа, они могут быть отнесены, по Орселю, в особую группу железистых никель- и хром-содержащих прохлоритов (бавалит) с формулой:



Кривая нагревания хлорита обр. 0—34 (фиг. 15), полученная Е. Я. Роде, имеет следующие эндотермические остановки: первая, с максимумом при  $T^\circ 99.2$ , отвечает непрерывному удалению воды; вторая,  $T^\circ 289.6—337.2$ , по видимому отвечает диссоциации гетита; третья при  $T^\circ 484.7$ —хлоритовая; природа четвертой остановки при  $720^\circ$  не выяснена.

В другом случае нами изучались аморфные зеленые не содержащие глинозема хлориты (обр. 204/1) из тонкослоистых руд, которые образуют в них также прожилки и гнезда. Состоят они из плотной травяно-зеленой массы. Удельный вес их 2.96.

Минеральная масса этих хлоритов отбиралась под бинокулярной лупой и тщательно очищалась от посторонних примесей. После отборки эта минеральная масса, в порядке контроля, просматривалась под микроскопом. Микроскопические наблюдения прозрачных шлифов показывают, что минеральная масса плотных сплошных образований аморфных хлоритов не всегда является оптически однородной. При средних и сильных увеличениях (объективы № 5—6) среди сплошного поля изотропных хлоритов, состоящих из мельчайших хлопьев, местами можно различить слабо раскристаллизованные участки, а иногда и сгустки метаколлоидных хлоритов, в той или иной степени действующих на поляризованный свет. Как правило эти раскристаллизованные и оптически действующие участки содержат микроскопические трещинки, появление которых, повидимому, связано с процессами усыхания. Иногда в хлоритовой минеральной массе встречаются отдельные включения мельчайших (около 0.05 мм) реликтовых, по большей части остроугольных, зерен хромшпинелидов.

Показатели преломления этих хлоритов были определены иммерсионным методом,  $N=1.694 \pm 0.002$ .

Отобранное под бинокулярной лупой и проверенное под микроскопом хлоритовое вещество было передано на химические и термические исследования.

Таблица 9

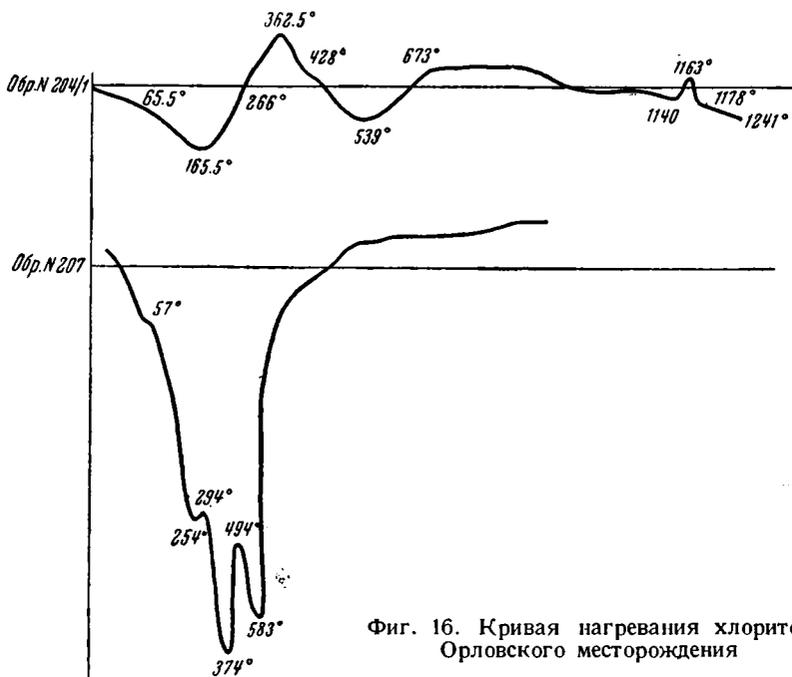
Химический состав изотропных хлоритов

Компоненты	Зеленый хлорит Обр. 0—34		Зеленый хлорит Обр. 204/1	
	Весов. %	Молек. колич.	Весов. %	Молек. колич.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	13.15	219 (3×70)	24.84	414 (2×200)
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.58	7	0.33	4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	13.07	127	0.00	—
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	3.96	26	0.47	3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	41.20	258	41.96	262
FeO . . . . .	11.23	158	12.15	168
MnO . . . . .	0.06	1	0.19	3
CaO . . . . .	0.53	9	0.00	—
MgO . . . . .	2.35	59	1.03	26
NiO . . . . .	0.78	11	1.19	16
CoO . . . . .	—	—	0.86	12
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.05	1	0.12	1
H <sub>2</sub> O+ . . . . .	9.75	541	11.57	642
H <sub>2</sub> O— . . . . .	3.45	191	4.78	268
		732 (10×70)		910 (4×200)
Сумма . . . . .	100.16	$s = \frac{SiO_2}{R_2O_3} = 0.55$	99.49	$s = 1.58$
		$a = \frac{Fe_2O_3}{Al_2O_3} = 2.0$		
		$f = \frac{FeO}{MgO} = 2.7$		$f = 7.6$

ИГН АН СССР, аналитик В. Сендерова.

Химический состав хлоритов представлен в табл. 9, обр. 204/1. Как видно из этой таблицы, наш хлорит содержит большое количество окисного и закисного железа (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 41.96; FeO 12.15%), отличается повышенным содержанием NiO (1.19%) и CoO (0.86%), совершенно не содержит глинозема. Количество SiO<sub>2</sub> 24.84%.

Содержание хрома (0.47%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) обусловлено включением мельчайших зерен хромшпинелидов, обнаруживаемых под микроскопом среди минеральной хлоритовой массы. Но так как химические анализы указывают на растворимый и нерастворимый  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , то, повидимому, растворимый  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  следует связывать с формулой хлорита, а нерастворимый  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  — с зернами хромшпинелидов. Минералы никеля и кобальта нами обнаружены не были; повидимому, присутствие никеля и кобальта следует связывать непосредственно со способностью аморфной тонкодисперсной минеральной массы в естественном состоянии адсорбировать никель и кобальт из растворов. Повышенное содержание  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (41.96%) объясняется, с одной стороны, примесью гидрогетита, наличие которого констатировано под микроскопом, с другой — вхождением  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в состав молекулы хлорита, в которой  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , повидимому, целиком вытеснило  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .



Фиг. 16. Кривая нагревания хлоритов Орловского месторождения

Коэффициенты хлорита, рассчитанные по принципу классификации Орселя, показывающие отношение молекулярных количеств между различными компонентами, имеют следующие значения:  $s = \text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3 = 1.58$ ;  $f = \text{FeO} : \text{MgO} = 7.6$ ;  $r = \text{RO} : \text{R}_2\text{O}_3 = 0.85$ ;  $h = \text{H}_2\text{O} : \text{R}_2\text{O}_3 = 3.4$ , где  $\text{R}_2\text{O}_3 = (\text{Fe}, \text{Al})_2\text{O}_3$ , а  $\text{RO} = (\text{Fe}, \text{Mg}, \text{Mn}, \text{Co}, \text{Ni})\text{O}$ .

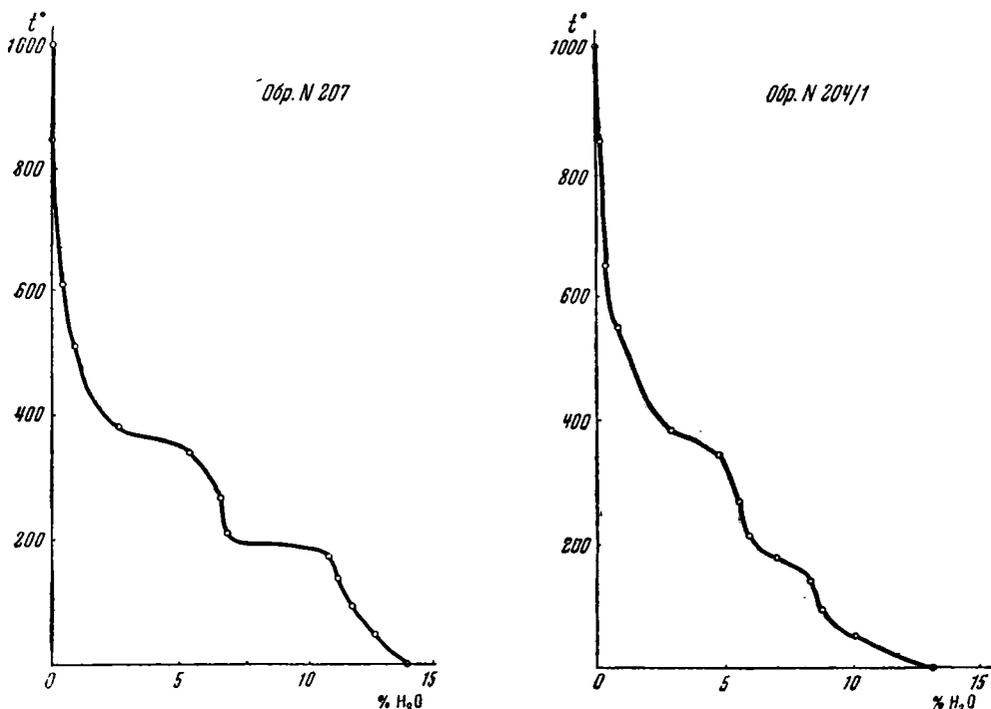
Рассматривая значения коэффициента  $s$  по классификации Орселя (см. стр. 350, табл. 8), мы находим, что наш хлорит с коэффициентом  $s = 1.58$  попадает в группу корундофилита. Но по значению других коэффициентов, например  $f$ , он попадает в группу прохлорита, у которого  $s$  находится в пределах от 1.66 до 2.33.

Однако на самом деле значения коэффициента  $s$  у различных групп хлорита колеблются в гораздо более широких пределах, чем это указано в таблице Орселя. Так, например, М. Ж. Orceel (1927, стр. 374—375) приводит ряд образцов кроншtedтита из группы железистого прохлорита, у которых  $s$  составляет от 1.07 до 1.96. Таким образом, судя по этим данным, наш хлорит по коэффициенту  $s = 1.58$  приближается к средним значениям  $s$  для указанных выше образцов кроншtedтита.

Формула нашего хлорита может быть представлена в следующем виде:  $2\text{SiO}_2 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot (\text{Fe}, \text{Mn}, \text{Mg}, \text{Ni}, \text{Co})\text{O} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .

Другая часть отобранного хлоритового вещества была передана в лабораторию ИОНХ АН СССР — Е. Я. Роде для изучения кривых нагревания и обезвоживания. На кривой нагревания (фиг. 16, обр. 204/1) Е. Я. Роде (1936) были получены две эндотермические остановки: первая при температуре от  $66.5^{\circ}$  с максимумом при  $165.5^{\circ}$ , вторая от  $428^{\circ}$  с максимумом при  $539^{\circ}$ . Между этими двумя остановками имеется экзотермический эффект при температуре от  $266^{\circ}$  с максимумом при  $362.5^{\circ}$ . Второй экзотермический эффект отмечается с максимумом при температуре  $1163^{\circ}$ .

Кривая обезвоживания этого образца (фиг. 17) характеризуется вначале непрерывным удалением воды, начиная от комнатной температуры, с переломом кривой в интервале  $174\text{—}210^{\circ}$ , отвечающим, повидимому,



Фиг. 17. Кривые обезвоживания хлоритов.

первому эндотермическому эффекту кривой нагревания. Затем второй перелом кривой обезвоживания находится в интервале от  $342$  до  $380^{\circ}$ ; повидимому, он отвечает второму эндотермическому эффекту.

Полученные кривые нагревания орловского хлорита Е. Я. Роде (1937) пытается сопоставить с кривыми нагревания хлоритов, приведенными Орседем (Orsed, 1927). Последние имеют резко выраженный эндотермический эффект в интервале  $600\text{—}750^{\circ}$ . Однако для некоторых хлоритов, как, например, для бавалита, тюрингита и афросидерита, этот эффект находится при более низкой температуре, в интервале около  $500\text{—}600^{\circ}$ . Этот интервал эффекта кривых нагревания Орседа можно сопоставить со вторым эндотермическим эффектом кривой нагревания нашего хлорита, имеющего максимум при температуре  $539^{\circ}$ . Что касается первого эндотермического эффекта на кривой нагревания нашего хлорита при температуре с максимумом при  $160.5^{\circ}$ , то такового в ясно выраженной форме на кривых Орседа не имеется. Из наблюдающихся экзотермических эффектов первый выражен также и на кривых нагревания хлоритов, приведенных в таблице Орседа.

Таким образом, кривые нагревания и обезвоживания показывают,

что удаление воды из вещества хлорита происходит в две стадии, в пределах вышеуказанных температур. Е. Я. Роде считает, что, повидимому, мы имеем здесь дело с двумя гидратами, устойчивыми в пределах этих температур. Природа их пока еще не выяснена и требует дальнейших исследований.

Метаколлоидные хлориты представляют собою бывшие гидрогели, в большей или меньшей мере раскристаллизованные и оптически действующие на поляризованный свет. По своему внешнему виду метаколлоидные хлориты ничем не отличаются от других аморфных и скрытокристаллических хлоритов, нередко образуя вместе с ними сплошные скопления минеральной массы или прожилки и гнезда, а также отдельные сгустки округлой или неправильной формы. Их метаколлоидный характер хорошо различается под микроскопом при скрещенных николях. Метаколлоидные хлориты по большей части наблюдаются под микроскопом в виде отдельных участков среди аморфных изотропных масс, которые либо связаны с ними постепенными переходами, либо резко отграничиваются от них. Иногда встречаются отдельные скопления хлоритовой массы, концентрическое или зонарное строение которых напоминает периодичность натеков или ритмичность осаждения коллоидной массы. При скрещенных николях для них характерно погасание в виде черного креста. Такой же характер погасания присущ округлым бобовообразным сгусткам метаколлоидных хлоритов, которые могут быть отнесены к группе сферолитовых образований. Показатели преломления этих хлоритов были определены иммерсионным методом,  $N = 1.662—1.670$ . Судя по показателям преломления, наш минерал может быть отнесен к группе железистых прохлоритов. Показатель преломления ближе подходит к бавалиту или кроншtedтиту.

Более подробно этот минерал не изучался в виду невозможности отбора чистого однородного вещества для исследований.

Скрытокристаллический, микрочешуйчатый хлорит. Этот хлорит входит в состав железных руд разных типов и пользуется широким распространением в различных горизонтах рудной толщи. В железных рудах Орловского месторождения микрочешуйчатый хлорит иногда является основной цементирующей массой, но по большей части образует отдельные прожилки и гнезда. Нередко он встречается также в составе бобов и оолитов.

Нами изучался микрочешуйчатый хлорит из слоя гидрогетит-хлоритовой бобово-оолитовой руды, сильно измененной процессами выветривания. Минеральная хлоритовая масса отбиралась, аналогично аморфным хлоритам, под бинокулярной лупой и контролировалась путем просмотра ее под микроскопом.

Микрочешуйчатый хлорит представляет плотную сплошную темно-зеленую массу. Твердость ее около 3. Удельный вес 2.91. Излом неровный. Блеск матовый.

В прозрачных шлифах под микроскопом наблюдается зеленоватая масса, состоящая из агрегатов мельчайших чешуек, действующих на поляризованный свет, размером в среднем около 0.05—0.005 мм в диаметре. Плеохроизм очень слабый.  $N_g$  зеленоватый,  $N_p$  бесцветный или желтоватый.  $2V$  очень мал. Оптически отрицательный. Показатели преломления определены иммерсионным методом:  $N_g = 1.616 \pm 0.002$ ,  $N_m = N_p = 1.612 \pm 0.002$ ,  $N_g - N_p = 0.004$ . Дисперсия оптических осей  $p > v$ .

Химический состав микрочешуйчатого хлорита приведен в табл. 10.

Как видно, хлорит сильно железистый: содержание  $Fe_2O_3$  составляет 40.45%,  $FeO$  15.62%. Хлорит отличается очень незначительным количеством глинозема (0.20%). Количество других компонентов также незначительное.

Коэффициенты, показывающие по Орселю соотношения различных

Химический состав микроцешуйчатого хлорита (обр. 207)

Компоненты	Весов. %	Молек. колич.	
SiO <sub>2</sub> . . . . .	19.55	326	326 (4×80)
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.08	1	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0.26	2	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0.20	2	356 (3×80)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	40.45	252	
FeO . . . . .	15.62	217	
CaO . . . . .	0.00	—	
MgO . . . . .	3.75	94	
MnO . . . . .	0.07	1	316 (4×80)
NiO . . . . .	0.17	3	
CoO . . . . .	0.06	1	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.22	1	
S . . . . .	0.01	—	
H <sub>2</sub> O— . . . . .	2.38	132	1077 (13×80)
H <sub>2</sub> O+ . . . . .	16.91	945	
Сумма . . . . .	99.73	—	

Химические анализы выполнены химиком-аналитиком Г. В. Соколовой, Химлаборатория б. Ломоносовского института (1937)

компонентов, имеют следующие значения:  $s = \text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3 = 1.28$ ;  $a = \text{Fe}_2\text{O}_3 : \text{Al}_2\text{O}_3 = 1.26$ ;  $f = \text{FeO} : \text{MgO} = 2.3$ ,  $r = \text{RO} : \text{R}_2\text{O}_3 = 1.24$ ;  $h = \text{H}_2\text{O} : \text{R}_2\text{O}_3 = 4.25$ , где  $\text{R}_2\text{O}_3 = (\text{Fe}, \text{Al})_2\text{O}_3$ , а  $\text{RO} = (\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Ca}, \text{Mn}, \text{Ni})\text{O}$ .

По величине коэффициента  $s = 1.28$  наш хлорит должен быть отнесен по классификации Орселя к амезитовой группе. Однако по значению коэффициентов  $a$  и  $f$  он относится к железистой группе прохлоритов, т. е. более близок к кронштедтиту.

Формула этого микроцешуйчатого хлорита:  $4\text{SiO}_2 \cdot 3(\text{Fe}, \text{Cr}, \text{Al})_2\text{O}_3 \cdot 4(\text{Fe}, \text{Mg}, \text{Ni}, \text{Co})\text{O} \cdot 13\text{H}_2\text{O}$ . Кривая нагревания (фиг. 16, обр. 207), полученная Е. Я. Роде (1938), имеет три эндотермических остановки: первая начинается при температуре  $57^\circ$  и доходит до максимума при  $254^\circ$ ; вторая с максимумом при  $374^\circ$  и третья с максимумом при  $583^\circ$ . Экзотермических эффектов имеется два: первый с максимумом при  $294^\circ$  и второй с максимумом при  $494^\circ$ .

Сравнивая кривые нагревания нашего образца с кривыми нагревания, приведенными Орседем, мы наблюдаем аналогию для третьей эндотермической остановки нашего хлорита с максимумом при  $583^\circ$ ; первые же две эндотермические остановки в таблицах кривых нагревания у Орсея отсутствуют.

На кривой обезвоживания (фиг. 17, обр. 207) вначале обозначается непрерывное удаление воды от комнатной температуры до  $174^\circ$ . Возможно, что этот интервал отвечает первой остановке кривой нагревания. Затем следует большой разрыв кривой обезвоживания в интервале  $174—210^\circ$ , повидимому отвечающий второй эндотермической остановке на кривой нагревания. Наконец, начиная от  $342^\circ$  имеется еще один разрыв, отвечающий последнему эндотермическому эффекту кривой нагревания.

Гидраргиллит. В составе железорудной толщи Орловского месторождения встречаются две разновидности этого минерала: гидраргиллит-гель и гидраргиллит кристаллический. Обе разновидности имеют состав  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ . Они встречаются по большей части в верхних горизонтах рудной толщи среди грубообломочных и бобово-оолитовых

руд. Микроскопические наблюдения показывают, что в бобово-оолитовых и грубообломочных рудах гидраргиллит образует мельчайшие прожилки, гнезда или отдельные скопления среди цементирующей массы, заполняя трещинки и пустоты. Очень часто выделения его наблюдаются в бобах и оолитах. Иногда под микроскопом удается наблюдать, как гидраргиллит по тончайшим трещинкам проникает в центральную часть бобов и оолитов и выполняет там микроскопические пустоты и трещины усыхания.

Обе разновидности гидраргиллита по внешнему виду представляют плотную глиноподобную массу белого, серого или желтого цвета, в зависимости от содержания в ней железа. Твердость его обычно колеблется около 2—3. Выветрелые участки бывают более рыхлыми. Излом неровный, землистый. Удельный вес 2.31. С водой не дает пластичной массы.

Гидраргиллит-гель наблюдается в шлифе под микроскопом в виде серой или грязно-белой изотропной массы. Некоторые участки ее раскристаллизованы и действуют на поляризованный свет. Местами наблюдаются постепенные переходы от аморфной, изотропной массы в микрозернистые бесцветные агрегаты. Показатель преломления гидраргиллит-геля определяется иммерсией;  $N = 1.566$ .

Результаты химических анализов гидраргиллит-геля, отобранного из грубообломочных руд под бинокулярной лупой и проверенного под микроскопом, приведены в табл. 11. Наличие примесей относится за счет

Таблица 11  
Химический состав гидраргиллита из железных руд Орловского месторождения (в %)

Компоненты	Образец № 1 Гидраргиллит из бобово-оолитовых руд	Образец № 2 Гидраргиллит из грубообломочных руд
SiO <sub>2</sub> . . . . .	6.35	6.35
TiO <sub>2</sub> . . . . .	следы	2.01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	59.63	55.76
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1.25	5.27
FeO . . . . .	0.07	0.54
MnO . . . . .	не обн.	0.01
CaO . . . . .	0.51	0.65
MgO . . . . .	0.15	0.24
Ni . . . . .	0.06	—
Co . . . . .	0.05	—
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	не обн.	не обн.
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.07	—
S . . . . .	0.10	—
H <sub>2</sub> O+ . . . . .	40.49	28.60
H <sub>2</sub> O— . . . . .	1.92	1.40
Сумма . . . . .	101.65	100.83

Химические анализы производились в химической лаборатории ИГН АН СССР В. Н. Малышевой (обр. № 1) и Г. В. Соколовой (обр. № 2) в 1937 г.

минералов гидрогетита и хлорита, которые были констатированы под микроскопом. Несмотря на тщательную отборку материала, полностью освободиться от примесей все же не удалось.

Гидраргиллит кристаллический наблюдается в шлифах в виде бес-

цветных пластинчатых удлинённых кристаллов, нередко с образованием двойников. В выветрелых и изменённых бобово-оолитовых рудах, обнажающихся в северной части карьера, были встречены белые прожилки и корки гидрагиллита, состоящие из параллельно-волокнутой массы. В ней наблюдается несколько зон нарастания, которые располагаются перпендикулярно удлинению волокон. В шлифах бесцветный. Удлинение отрицательное. Оптически положительный. Двуосный. Угол оптических осей очень мал. Показатели преломления определены иммерсией:  $N_g = 1.587 \pm 0.002$ ,  $N_m = 1.565$ ,  $N_p = 1.565$ ,  $N_g - N_p = 0.022$ .

Кроме описанных выше минералов, в составе рудной залежи встречаются также кальцит, кварц, гипс, серпентин, нонтронит, каолинит.

Кальцит пользуется большим распространением в нижних горизонтах залежи. Он образует прожилки и гнезда в различных типах руд. В бобово-оолитовых рудах кальцит местами является основной частью



Фиг. 18. Замещение кварцевых зерен микрочешуйчатой хлоритовой массой. Грубообломочная руда,  $\times 24$ . Николи +

в составе цементирующей массы, а также нередко выполняет трещины и пустоты в некоторых бобах и оолитах. Показатели преломления кальцита определялись иммерсионным методом:  $N_g = 1.658$ ,  $N_p = 1.488$ ,  $N_g - N_p = 0.170$ .

Кварц встречается в очень незначительном количестве в виде галек и песчинок в самых верхних горизонтах рудной толщи, а также в местах, где залегают переотложенные руды. В нижних же горизонтах рудной залежи, в составе тонкослоистых руд кварц отсутствует. В верхних горизонтах кварц можно встретить в виде угловатых неокатанных галек, размером до 1—2 см в поперечнике, по большей части сильно выветрелых и при слабом ударе легко рассыпающихся на мелкие куски, легко перетирающиеся в порошок.

В гидрогетит-хлоритовых переотложенных грубообломочных рудах (дудка 8б) под микроскопом наблюдаются зерна кварца около 1 мм в поперечнике. Местами здесь можно видеть хорошо выраженные процессы замещения кварца зеленоватой хлоритовой микрочешуйчатой массой. Замещение кварцевых зерен может идти с периферии зерен или же по трещинам (фиг. 18).

Гипс встречается среди рудного делювия в северной части карьера. Он образует наросты в виде удлинённых волокнутой массы и корок на

поверхности кусков руды и по стенкам трещин. Является вторичным минералом.

Серпентин и нонтронит наблюдаются очень редко в виде отдельных зерен.

Каолинит встречается в самых верхних горизонтах рудной толщи в виде отдельных зерен или в виде геля. Показатель преломления каолинитового геля  $N = 1.565$ .

### Типы руд по минералогическому составу и строению и их химическая характеристика

При выделении различных типов железных руд мы основываемся не только на их химико-минералогическом составе, но и на характере их строения, так как только таким путем могут быть установлены типы руд, которые по своим внешним признакам без затруднений поддавались бы сортировке при эксплуатационных работах. Последнее обстоятельство имеет крупное значение для промышленности, так как ценность выделяемых типов руд и их промышленное использование весьма различны.

Исходя из этого, на основе минералогического состава и строения, нами выделены следующие основные типы руд: 1) гидрогетит-хлоритовые бобовые, 2) гидрогетит-хлоритовые грубообломочные (гидраргиллитовые), 3) гидрогетит-хлоритовые бобово-оолитовые, 4) гидрогетит-хлоритовые тонкослоистые, 5) гидрогетитовые корковые, 6) гидрогетит-марказитовые корковые.

Гидрогетит-хлоритовая бобовая руда по большей части очень плотная, крепкая и тяжеловесная. Более рыхлы выветрелые ее участки. Цвет руды обычно темнобурый, реже желтовато-бурый. Мощность руды колеблется от 0 до 1 м.

В составе руды принимают участие бобовые образования, гальки, песчинки и цементирующая их масса. Оолиты встречаются здесь очень редко в виде единичных включений.

Бобовые образования однородного строения имеют округлую или овальную форму, размеры их колеблются от 0.005 до 4—5 мм в диаметре. Бобы рассеяны в руде неравномерно: они то сильно сгущены и почти соприкасаются друг с другом, то редко рассеяны среди цементирующей массы. Твердость их бывает различная, у рыхлых около 2, у более крепких около 3—4. Цвет бобовых образований зависит от состава слагающей их минеральной массы. Гидрогетит-хлоритовые бобы имеют желтовато-бурую или зеленовато-бурую окраску, гидрогетитовые — по большей части темнобурую, гидрогематитовые — кирпично-красную. Поверхность бобов обладает матовым или полуметаллическим блеском.

Как показывают микроскопические наблюдения, состав бобов и оолитов обычно неоднородный. В составе их принимают участие микрозернистый гидрогетит, аморфные, изотропные и микрочешуйчатые хлориты, реже гидрогематит, отдельные зерна магнетита и хромшпинелидов. Местами бобы и оолиты состоят из турьита.

Цементирующая масса в бобовых рудах представлена главным образом гидрогетитом и хлоритом. Гидрогетит бурый, микрокристаллический. Хлорит встречается в виде трех разновидностей: аморфной ( $N = 1.645 \pm 0.002$ ), метаколлоидной ( $N = 1.662 \pm 0.002$ ) и микрочешуйчатой ( $N = 1.648 \pm 0.002$ ). Местами среди цементирующей массы наблюдаются прожилки гидраргиллита и отдельные зерна магнетита, хромшпинелидов, реже кусочки обугленной древесины. Сидерит и марказит встречаются очень редко, образуя отдельные прожилки и гнезда.

Химический состав бобовых руд представлен в табл. 12, где даны химические анализы 7 штуфных проб, взятых из разных мест рудного участка. Как показывают анализы, эти руды имеют непостоянный со-

## Химический состав гидрогетит-хлоритовых бобовых руд по штучным пробам (в %)

Компоненты	Разрез 1, западн. борг, обр. 11	Разрез 1, западн. борг, обр. 8	Дудка 5а, линия I—I, обр. 1	Дудка 5б, линия II—II, обр. 2	Дудка 5б, линия II—II, обр. 1	Дудка 4а, линия I—I, обр. 1	Дудка 1б, линия II—II, обр. 1	Средне-арифмет. по 7 анализам
SiO <sub>2</sub> . . . . .	14.97	11.96	8.14	12.72	6.56	11.73	9.74	10.83
TiO <sub>2</sub> . . . . .	2.14	0.68	1.42	1.25	3.92	1.91	1.92	1.75
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	17.92	13.18	4.84	16.43	12.14	30.28	20.74	15.07
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	41.10	52.68	62.84	52.21	63.90	31.04	43.93	49.66
FeO . . . . .	2.00	нет	3.17	0.35	0.67	2.87	6.42	2.21
MnO . . . . .	0.35	0.59	1.15	0.69	0.42	0.02	0.52	0.53
CaO . . . . .	0.28	0.18	0.44	0.22	0.12	0.36	0.14	0.25
MgO . . . . .	1.45	0.67	0.08	0.17	0.03	0.24	0.37	0.43
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1.12	0.58	0.88	0.12	0.60	0.43	0.91	0.65
NiO . . . . .	0.00	следы	0.04	следы	следы	следы	0.05	0.01
CoO . . . . .	0.00	—	0.00	—	—	—	следы	0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.09	0.02	0.19	0.34	0.11	0.09	0.37	0.28
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.08	—	0.04	0.04	0.04	—	0.05	0.03
S . . . . .	0.14	0.23	0.11	следы	0.01	—	0.19	0.09
H <sub>2</sub> O . . . . .	17.92	15.72	16.64	15.32	11.56	19.98	14.50	15.95
Сумма . . . . .	99.56	96.49	99.98	99.86	100.08	98.95	99.85	97.74
В том числе:								
Fe . . . . .	30.33	36.99	46.46	36.82	45.25	23.96	35.40	36.46
Cr . . . . .	0.69	0.39	0.60	0.08	0.39	0.29	0.62	0.44
Ni . . . . .	—	—	0.03	—	—	—	0.03	—
P . . . . .	0.039	0.0086	0.08	0.14	0.05	0.039	0.15	0.12

Химические анализы обр. 8 и 11 выполнены в полевой химлаборатории Южно-Уральской экспедиции АН СССР. Остальные образцы анализировались в химлаборатории Ильменского гос. заповедника (г. Миасс, Челябинской обл.), 1937 г.

став: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> колеблется в них от 31.04 до 63.90%, FeO от 0.00 до 6.42%, SiO<sub>2</sub> от 6.56 до 14.97%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> от 4.84 до 30.28%, причем содержание глинозема в некоторых образцах более чем в два раза превышает количество кремнезема. Содержание Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> от 0.12 до 1.02%, никеля — очень незначительное, кобальт изредка обнаруживается в следах. Содержание P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> составляет от 0.02 до 0.37%, S от следов до 0.23%.

Пересчет химического состава на минералогический состав был произведен по штучному образцу 1 из дудки 5а (табл. 13), типичному для бобовых руд юго-восточной части месторождения.

Пересчет химического состава на минералогический состав производился на основании изучения под микроскопом нескольких прозрачных шлифов, приготовленных из этого образца по методу, указанному выше.

На основании этого пересчета минералогический состав гидрогетит-хлоритовой бобовой руды представляется в следующем виде (в весовых %):

1. Гидрогетит (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · 1 · 3H<sub>2</sub>O) + гидрогематит (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · 0 · 5H<sub>2</sub>O) . . . . . 63.76
  2. Железистый хлорит (3SiO<sub>2</sub> · (Al, Cr, Fe)<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · (Fe, Ca, Mn)O · 4H<sub>2</sub>O). 20.34
  3. Гидраргиллит (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · 3H<sub>2</sub>O) . . . . . 4.90
  4. Магнетит (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · FeO) . . . . . 2.70
  5. Хромшпинелиды [(Mg, Fe)O · (Cr, Al, Fe)<sub>2</sub>O<sub>3</sub>] . . . . . 1.60
  6. Влага H<sub>2</sub>O<sup>-110°</sup> . . . . . 3.91
  7. Остаток от пересчета . . . . . 2.79
- Сумма . . . . . 100.00

Химический и минералогический состав гидрогетит-хлоритовой бобовой руды (дудка 5а, лин. I—I, обр. 1)

Компоненты	Весов. %	Молек. колич.	Пересчет химсостава на минералогический состав						
			Хромшпине- лиды	Магнетит	Хлорит железистый	Гидраргил- лит	Гидрогетит и гидроге- магит	Остаток от пересчета	Влага (—110°)
SiO <sub>2</sub> . . . . .	8.14	136	—	—	120	—	—	16	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	4.84	47	1	—	15	31	—	—	—
TiO <sub>2</sub> . . . . .	1.42	17	—	—	—	—	—	17	—
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	62.84	393	2	13	44	—	334	—	—
FeO . . . . .	3.17	43	5	13	25	—	—	—	—
MnO . . . . .	1.15	16	—	—	—	—	—	16	—
CaO . . . . .	0.44	8	—	—	5	—	—	3	—
MgO . . . . .	0.08	2	2	—	—	—	—	—	—
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0.88	5	4	—	1	—	—	—	—
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.19	1	—	—	—	—	—	1	—
SO <sub>3</sub> . . . . .	0.11	1	—	—	—	—	—	1	—
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0.04	—	—	—	—	—	—	—	—
H <sub>2</sub> O— . . . . .	3.91	218	—	—	—	—	—	—	218
H <sub>2</sub> O+ . . . . .	12.73	707	—	—	180	93	434	—	—
Сумма . . . . .	99.94	—	—	—	—	—	—	—	—

Выше было отмечено, что гидрогетит-хлоритовые бобовые руды (табл. 12) местами имеют повышенное содержание глинозема. На основании микроскопического изучения шлифов и пересчета химического состава руды на ее минералогический состав выяснено, что эти участки обогащены гидраргиллитом, количество которого может достигать 15—20% от общей минеральной массы руды. По характеру строения, внешним признакам и физическим свойствам эти обогащенные гидраргиллитом участки почти ничем не отличаются от общей массы бобовой руды, в силу чего выделить их в особый тип руды затруднительно.

Гидрогетит-хлоритовые грубообломочные руды. Руда представляет собой довольно плотную массу, иногда с кавернами. Мощность ее колеблется от 0 до 0.90—1 м. Состоит из беспорядочно рассеянного грубообломочного и песчаного материала, включений отдельных бобов, оолитов и цементирующей массы.

Входящий в состав руды грубообломочный материал представлен слабоокатанными и неокатанными гальками, достигающими 2—3 см в поперечнике. Состав галек неоднородный. Одни из них представлены бобово-оолитовыми рудами, другие различными обохренными хлоритами, третьи обломками бокситовидных и глинистых частиц и каолинов. Помимо этих галек иногда в руде наблюдаются обломки обугленной древесины и кусочки растительного угля. Гальки и песчинки кварца встречаются очень редко.

Бобово-оолитовая руда, слагающая гальки, состоит из неравномерно рассеянных гидрогетитовых бобов и оолитов. Некоторые оолиты частью разрушены, растресканы и сильно изменены, другие хорошо сохранились и обладают ясно выраженным концентрически-скорлуповатым строением. Бобы, оолиты и их отдельные обломки сцементированы гидрогетитом и железистыми хлоритами. Местами в шлифах наблюдаются большие скопления и отдельные прожилки гидраргиллита и зерна хромшпинелидов.

Гальки кварца пользуются некоторым распространением в верх-

них горизонтах рудной толщи по западной стенке карьера. Кварц белый, серовато-белый, жильный, выветрелый, сильно трещиноватый, при ударе легко рассыпается на мелкие куски. Под микроскопом можно наблюдать процессы замещения кварцевых зерен (песчинок) зеленоватой хлоритовой массой, идущие от периферии к центральным частям зерен (фиг. 18). В первоначальных стадиях мы видим, как замещение кварцевого зерна начинается с его остроугольных частей. В других зернах кварц нацело замещен этой массой. Иногда среди нее наблюдаются только отдельные сильно разведенные, но сохранившиеся участки кварца. Замещение кварцевых зерен происходит с сохранением их формы.

Гальки хлоритов состоят из плотной, иногда рыхлой зеленой или буровато-желтой массы, частично обохренной и замещенной гидрогетитом. Под микроскопом хлорит представлен в виде аморфной, изотропной, метаколлоидной или микрочешуйчатой массы. В некоторых гальках обнаруживаются прожилки и отдельные скопления мелких бесцветных зерен гидраргиллита.

Количество рассеянных бобов и оолитов в цементирующей массе незначительно. Установлено, что эти бобы и оолиты являются по большей части переотложенными вместе с другим обломочным материалом. В большинстве случаев бобы и оолиты сильно выветрелые, трещиноватые и довольно рыхлые. Местами они распались на части.

Помимо галек, бобов и оолитов, среди хлоритового цемента в шлифах под микроскопом можно наблюдать значительное количество угловатых зерен и мельчайших частиц, от точечных включений до 1—2 мм в поперечнике, состоящих из хромшпинелидов, гидрогетита, сидерита, гидрогематита и магнетита.

Цементирующая масса состоит главным образом из железистых хлоритов и гидрогетита, реже в ней принимают участие сидерит, гидраргиллит, гидрогематит и кальцит. Хлориты в большинстве случаев плотные зеленые, темнозеленые, буроватые, обохренные и частично замещены гидроокислами железа. Под микроскопом можно различить три разновидности хлоритов: 1) аморфные изотропные, 2) метаколлоидные и 3) микрочешуйчатые. Вторая и третья разновидности оптически действуют на поляризованный свет. Все они относятся к железистой группе хлоритов. Подробно они были описаны в предыдущей главе. В некоторых шлифах среди хлоритовой изотропной или микрочешуйчатой массы наблюдаются прожилки и неправильной формы скопления, состоящие из бесцветных зерен и двойниковых кристаллов гидраргиллита. Как было указано, местами хлоритовый цемент замещен гидрогетитом или гидрогематитом. Последние образуют прожилки и сплошные скопления, состоящие из тонкодисперсной или тонкозернистой, оптически деятельной массы, различимой только под микроскопом. Гидрогетит окрашен в бурый или красновато-бурый цвет, гидрогематит — в красный, кирпично-красный и вишнево-красный.

На некоторых участках месторождения грубообломочные руды содержат значительное количество прожилков и гнезд сидерита. Сидерит серый, плотный, мелкозернистый, крепкий. Своим образованием он обязан карбонатным растворам, проникавшим по трещинам в рудную толщу в горизонты, находящиеся ниже уровня грунтовых вод. Сидерит почти всегда в поверхностных своих частях окислен и замещен гидрогетитом и гидрогематитом с образованием довольно плотных сплошных, крепких корок. Местами сидерит нацело окислен и выщелочен. Нередко наблюдаются псевдоморфозы по сидериту. Иногда на месте бывших сидеритов остаются пустоты, стенки которых покрыты либо плотным почковидным или пластинчато-ромбоэдрическими образованиями гидрогетита, либо короткостолбчатыми призматическими его кристаллами.

В шлифах, в некоторых случаях, наблюдается картина окисления зерен сидерита и замещения их гидрогематитовой вишнево-красной микрoзернистой массой, начиная от периферических участков и идущих в направлении к центру зерна. Часто можно видеть сохранившиеся разъеденные остатки зерен сидерита, окруженные тонкодисперсной и микрoзернистой массой бурого гидрогетита и вишнево-красной массой гидрогематита. Местами выделившаяся в результате окисления сидерита тонкодисперсная бурая масса гидрогетита распределяется среди хлоритового цемента в виде темнoбурых хлопьев с причудливыми очертаниями.

Кальцит, так же как и сидерит, образует отдельные прожилки и гнезда, состоящие из мелкозернистой массы. Встречается он очень редко, преимущественно в юго-восточной части месторождения.

Количественные соотношения между цементирующей массой и содержащимися в ней гальками, бoбами и оолитами весьма различны. В одних случаях в составе руды преобладают обломочный материал, оолиты и бoбы, в других случаях, наоборот, преобладает хлоритовая цементирующая масса, которая местами составляет до 60—70% к общей минеральной массе руды. Хлорит придает последней буровато-зеленый цвет. Такие руды распространены в северной части месторождения и наблюдаются в железорудном карьере в верхних горизонтах рудной залежи.

В центральной части карьера самые верхние горизонты рудной толщи представлены хлоритовой породой, местами переходящей в грубообломочные руды, которые пронизаны многочисленными вертикальными корнями растений. Наличие этих корней, а иногда и стволов древних растений, несомненно, свидетельствует о том, что местами самый верхний горизонт рудной залежи представляет собой древний почвенный слой той эпохи, которая предшествовала отложению серых углистых юрских глин.

Химический состав 5 штупфных образцов гидрогетит-хлоритовых грубообломочных руд представлен в табл. 14. Как видно из таблицы, количество  $Fe_2O_3$  в составе руды колеблется от 30.33 до 40.96%,  $FeO$  от 1.12 до 8.06%,  $Al_2O_3$  от 20.53 до 30.34%,  $SiO_2$  от 7.95 до 12.04%.

Эти данные свидетельствуют о сравнительно низком содержании в руде железа и повышенном содержании глинозема, количество которого во всех пяти анализируемых образцах превышает количество  $SiO_2$  в два раза и более. Отмечается очень непостоянное содержание хрома ( $Cr_2O_3$  0.30 — 3.08%) и никеля ( $NiO$  0.00 — 0.35%).

Пересчет химического состава штупфного образца № 2 из дудки 4а, в котором отмечается повышенное содержание глинозема, дает следующий его минералогический состав (в весовых %).

1. Гидраргиллит ( $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$ ) . . . . .	31.80
2. Гидрогетит ( $Fe_2O_3 \cdot 1 \cdot 3H_2O$ ) . . . . .	32.63
3. Прохлорит ( $2SiO_2 \cdot 3Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3 \cdot (Fe, Mg, Mn, Ca)O \cdot 5H_2O$ )	26.08
4. Хромшпинелиды ( $(Mg, Fe)O \cdot (Cr, Fe, Al)_2O_3$ ) . . . . .	0.70
5. Каолинит ( $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ) . . . . .	1.50
6. Влага ( $H_2O^{-110^\circ}$ ) . . . . .	4.10
7. Сидерит + остаток от пересчета . . . . .	3.19
Сумма . . . . .	100.00

Гидрогетит-хлоритовая бобово-оолитовая руда. Бобово-оолитовая руда залегает в средних горизонтах рудной толщи. Она по большей части плотная, крепкая, тяжеловесная, желтовато-бурого или темнoбурого цвета. Удельный вес ее около 3.5. Мощность колеблется от 0.5 до 3.0 м. В составе руды принимают участие оолиты.

Химический состав гидрогетит-хлоритовых грубообломочных руд, штупные пробы  
(в %)

Компоненты	Карьер, запад. борт, обр. 12	Дудка 4а, лин. I—I, обр. 2	Дудка 2б, лин. II—II, обр. 1	Дудка 2б, лин. II—II, обр. 2	Дудка 5б, лин. II—II, обр. 2	Среднее арифметическое
SiO <sub>2</sub> . . .	9.23	7.95	11.97	8.52	12.04	9.94
TiO <sub>2</sub> . . .	1.08	0.98	1.90	1.05	0.84	0.93
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . .	20.53	30.34	26.79	26.34	25.54	25.93
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . .	40.96	32.98	30.33	36.22	33.84	34.86
FeO . . .	1.12	3.25	5.36	6.15	8.06	4.29
MnO . . .	0.16	0.11	—	—	0.43	0.24
CaO . . .	0.26	0.47	0.35	—	0.30	0.34
MgO . . .	1.37	0.45	0.09	—	0.68	0.51
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . .	3.08	0.30	0.58	1.77	0.85	1.26
NiO . . .	следы	—	0.11	0.35	0.06	0.10
CoO . . .	следы	—	—	не обн.	—	—
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .	0.06	0.11	0.41	0.53	0.48	0.32
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . .	0.08	—	—	—	0.05	0.05
S . . .	0.10	—	—	—	0.04	0.07
H <sub>2</sub> O± . . .	18.11	22.48	20.43	18.48	17.32	19.56
Сумма . . .	96.14	99.42	98.32	99.41	100.53	98.41
В том числе:						
Fe . . .	29.54	25.36	25.56	30.15	29.33	24.78
Cr . . .	2.09	0.20	0.39	1.20	0.58	0.86
Ni . . .	0	0	0.08	0.27	0.05	0.078
P . . .	0.026	0.05	0.18	0.23	0.21	0.14

Химические анализы выполнялись в химлаборатории Ильменского гос. заповедника (г. Миасс, Челябинской обл.), 1937 г.

бобы, гальки, песчано-глинистые частицы и цементирующий их материал. От бобовой руды эта руда отличается наличием большого количества оолитовых образований. Количественные соотношения между оолитами, бобами и цементирующей массой изменчивы, но по большей части бобы и оолиты по весу резко преобладают над цементирующей массой (фиг. 19).

В Орловском месторождении оолитовые образования наибольшим распространением пользуются в нижней части бобово-оолитового горизонта. Здесь обычно количество оолитов резко преобладает над количеством бобов, тогда как в верхнем горизонте количество тех и других более или менее одинаковое, хотя рассеяны они в цементирующей массе очень неравномерно.

Форма бобов и оолитов неправильно округлая, реже овальная. Размеры их колеблются от 0.005 мм до 4—5 мм в диаметре, чаще от 1 мм до 3 мм.

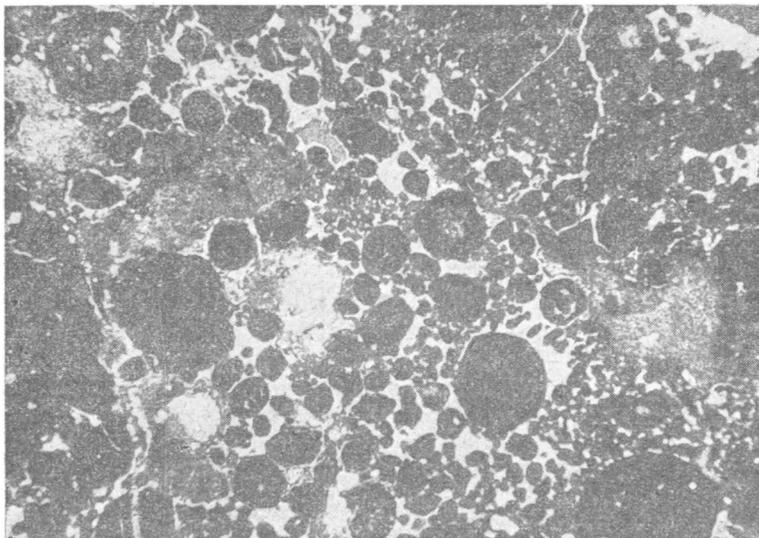
Кроме бобов и оолитов в руде встречаются гальки, в свою очередь представленные бобово-оолитовыми рудами. Они состоят из отдельных бобов, оолитов, зерен хромшпинелидов и обломков обохренной древесины.

Цементирующая масса в бобово-оолитовых рудах состоит из хлорита, гидрогетита, реже гидрогематита, гидрагиллита и кальцита. Под микроскопом хлориты наблюдаются в виде изотропных, метаколлоидных и микрочешуйчатых масс. Метаколлоидные хлориты при скрещенных николях обладают погасанием в виде черного креста. Показатели преломления этого хлорита определены иммерсионным методом,  $N = 1.670$ . Местами хлориты обохрены и замещены гидроокислами железа. Гидрогетитовый и гидрогематитовый цемент представляет довольно плотную массу, скрытокристаллическую и оптически деятельную. Нередко гидро-

окислы железа образуют прожилки и отдельные скопления, состоящие из тонкодисперсной бурой непрозрачной массы. Карбонатный цемент представлен мелкозернистым кальцитом. Гидраргиллит встречается реже, он образует неправильной формы скопления и прожилки, состоящие из мелкозернистой бесцветной массы.

В бобово-оолитовой руде изредка встречаются отдельные гнезда и прожилки сидерита и марказита. Размеры этих гнезд достигают 3—5 см в диаметре.

Бобово-оолитовые руды на Орловском месторождении пользуются широким распространением. Они обнаружены разведочными выработками в северной, центральной и южной частях месторождения.



Фиг. 19. Бобово-оолитовая руда,  $\times 32$ . Николи +

Следует отметить, что бобово-оолитовые руды в северной части карьера подверглись интенсивным процессам выветривания с утратой их строения. Под действием водных растворов в этой руде бобы, оолиты и хлориты разрушались и выщелачивались, а затем при новых физико-химических условиях замещались вновь выпадавшими хлоритами и гидроокислами железа. Однако при этих новых условиях происходило выделение свободного гидрата глинозема в виде гидраргиллита и не содержащего глинозема хлорита в виде кроншtedтита, которые образуют в руде секущие прожилки и гнезда. По внешнему виду эти измененные руды напоминают собой брекчии.

Гидрогетит-хлоритовые бобово-оолитовые руды по своему химическому составу (табл. 15) характеризуются следующим содержанием:  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  от 39.42 до 75.78%,  $\text{FeO}$  от 0.07 до 9.44%,  $\text{SiO}_2$  от 2.58 до 9.16%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  от 4.45 до 20.96%. Анализы показывают, что бобово-оолитовые руды по большей части содержат  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  более 50%, а кремнезема обычно не более 10%. В содержании же глинозема отмечаются большие колебания. Непостоянное содержание имеют также  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  и  $\text{NiO}$ . Количество  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  колеблется от 1.96 до 5.35%,  $\text{NiO}$  от 0.00 до 0.43%. Содержание фосфора в бобово-оолитовых рудах обычно выше, чем в рудах других типов ( $\text{P}_2\text{O}_5$  0.17—0.84%, в среднем около 0.51%).

Пересчет химического состава бобово-оолитовой руды на минералогический состав производился по штуфной пробе № 14, взятой по западному борту карьера, из горизонта рудной толщи с густосидящими бобами и оолитами.

## Химический состав гидрогетит-хлоритовых бэбово-оолитовых руд, штуфные пробы (в %)

Компоненты	Карьер, запад. борт, обр. 13	Карьер, запад. борт, обр. 14	Дудка 1б, линия II—II, обр. 2	Дудка 4а, линия I—I, обр. 6	Дудка 3а, линия I—I, обр. 2	Дудка 5а, линия I—I, обр. 2	Среднее арифметическое
SiO <sub>2</sub> . . . . .	6.17	3.50	8.65	6.96	2.58	9.16	6.17
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.46	0.34	1.27	0.16	0.91	3.00	0.89
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	6.89	4.45	13.93	12.04	6.66	20.96	10.81
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	62.98	75.78	52.44	56.01	67.12	39.42	59.27
FeO . . . . .	—	1.28	6.95	9.44	0.07	8.36	4.35
MnO . . . . .	6.12	0.35	—	0.32	не опр.	0.41	1.20
CaO . . . . .	—	0.32	0.00	0.23	не опр.	0.18	0.12
MgO . . . . .	—	1.05	0.00	0.50	не опр.	0.03	0.40
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2.11	1.96	5.35	3.50	3.03	2.40	3.06
NiO . . . . .	0.22	0.10	0.00	0.17	0.43	0.39	0.21
CoO . . . . .	0.09	0.03	0.00	—	—	не обн.	0.02
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.75	0.84	0.53	—	0.29	0.17	0.51
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.07	0.04	0.03	—	—	—	0.04
S . . . . .	0.03	0.01	—	—	—	0.02	0.02
H <sub>2</sub> O± . . . . .	не опр.	10.24	не опр.	10.78	12.66	15.35	12.26
Сумма . . . . .	85.89	100.29	89.15	100.11	93.75	99.85	99.33
В том числе:							
Fe . . . . .	44.86	55.44	42.27	49.19	46.97	33.95	44.88
Ni . . . . .	0.17	0.06	0.00	0.13	0.33	0.30	0.16
Cr . . . . .	1.43	1.33	3.64	2.38	2.04	1.63	2.08
P . . . . .	0.32	0.36	0.23	—	0.13	0.07	0.21

Химические анализы выполнены в химлаборатории ИГН АН СССР, аналитики: Н. В. Лазарев, П. А. Волков, В. С. Салтыкова (1937).

Содержание минералов в этой пробе на основании пересчета представляется в следующем виде (в весовых %):

1. Гидрогетит	}	75.2
2. Гидрогематит		
3. Железистый хлорит		16.0
4. Гидраргиллит		3.6
5. Хромшпинелиды		3.5
6. Магнетит		1.3
7. Остаток от пересчета		0.4

Сумма . . . . . 100.0

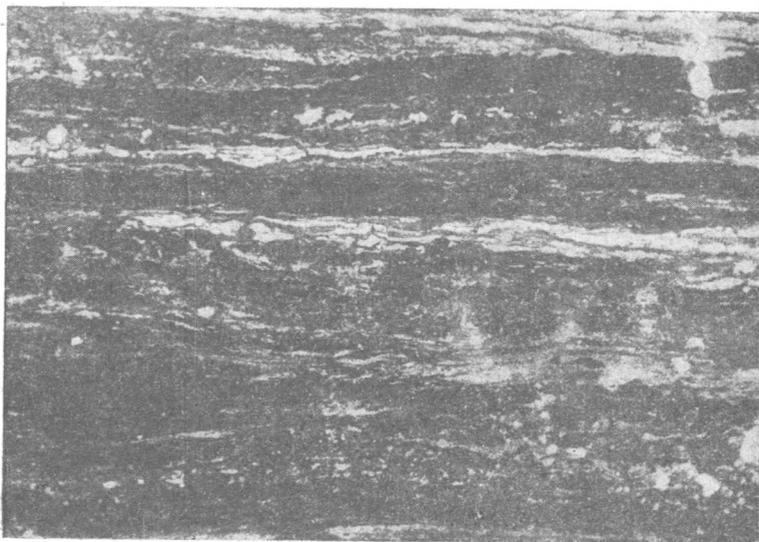
Гидрогетит-хлоритовые тонкослоистые руды. Тонкослоистая руда по большей части рыхлая, микропористая и очень легковесная, реже она плотная, крепкая и тяжеловесная. Мощность слоя составляет в среднем около 1 м. Эта руда состоит из переслаивающихся тонких глиноподобных, обохренных, линзовидных пропластков, которые бывают окрашены в зеленый, красный, бурый и яркожелтый цвета (фиг. 20). Мощность этих пропластков в слое руды колеблется около 1—2 мм. Окраска пропластков зависит от минералогического состава. Так, например, зеленый цвет руды обусловлен наличием зеленых железистых хлоритов, красный цвет руде придают гидрогематиты, желтый и бурый цвет гидрогетиты и т. д.

Тонкослоистые руды изредка содержат отдельные гнезда марказита и сидерита, размером до 8—10 см. Иногда в руде наблюдаются тонкие корочки, пленки и прожилки вада. В составе последнего химическим

путем обнаружены никель и кобальт (асболан-вад). Некоторые пропластки тонкослоистых руд состоят из мелкозернистого кальцита.

Под микроскопом хлориты наблюдаются в виде аморфной изотропной метаколлоидной или микрочешуйчатой массы. Чешуйки хлорита ясно действуют на поляризованный свет. Метаколлоидные хлориты образуют округлые или неправильной формы сгустки. При скрещенных николях они имеют погасание в виде черного креста. Показатель преломления метаколлоидного хлорита  $N = 1.670$ .

Хлориты в тонкослоистых рудах по большей части обохрены и замещены гидроокислами железа (гидрогетитом или, реже, гидрогематитом). Гидрогетит наблюдается в виде тонкозернистой буровато-желтой массы, которая довольно ясно действует на поляризованный свет. Нередко наблюдается тонкодисперсная желтовато-бурая непрозрачная изотропная масса, состоящая также из гидроокислов железа. Она, по видимому, относится к эренвертиту.



Фиг. 20. Гидрогетит-хлоритовая тонкослоистая руда (черное—гидрогетит, серое — хлорит),  $\times 50$ . Николи +

Под микроскопом часто обнаруживаются угловатые реликтовые зерна хромшпинелидов, иногда сильно растресканных, частично измененных в желтовато-бурую массу, окраска которой обусловлена гидроокислами железа.

Местами наблюдаются мельчайшие точечные зерна магнетита. В проходящем свете они остаются постоянно черными и непрозрачными, в отраженном свете имеют пепельно-серый цвет.

Химический состав гидрогетит-хлоритовых тонкослоистых руд по 7 анализам штучных проб (табл. 16) показывает содержание  $Fe_2O_3$  от 33.82 до 70.56%,  $FeO$  от 0.05 до 18.68%,  $SiO_2$  от 3.55 до 15.06% и  $Al_2O_3$  от 3.20 до 16.62%. Содержание  $Fe_2O_3$  во многих пробах превышает 60%. В некоторых пробах отмечается также повышенное содержание глинозема.

Особый интерес представляет повышенное содержание в руде различных примесей. Например, содержание  $Cr_2O_3$  составляет от 1.19 до 3.75%,  $NiO$  от 0.69 до 1.45% и  $CoO$  от 0.0 до 0.25%.

Это позволяет отнести тонкослоистые руды к богатым хромо-никелевым (комплексным) железным рудам, пригодным для получения природно-легированных высококачественных чугунов и сталей.

Химический состав гидрогетит-хлоритовых тонкослоистых руд (хромо-никелевые руды),  
штуфные пробы (в %)

Компоненты	Карьер, зап. пад. борт, обр. 16	Карьер, зап. борт, обр. 18	Дудка 4а, лин. I-I, обр. 7	Дудка 26, лин. II-II, обр. 4	Дудка 26, лин. II-II, обр. 5	Дудка 3а, лин. I-I, обр. 3	Дудка 5а, лин. I-I, обр. 4	Среднее ариф- метическое
SiO <sub>2</sub> . . . .	4.65	3.61	5.60	15.06	3.55	5.88	9.05	5.50
TiO <sub>2</sub> . . . .	0.06	—	0.10	0.47	0.42	—	0.35	0.18
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . .	3.90	3.20	4.38	16.62	10.94	15.69	11.69	9.49
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . .	70.56	64.13	66.25	38.82	64.81	60.51	39.42	56.80
FeO . . . . .	2.08	1.12	1.04	18.68	1.06	0.05	9.11	4.73
MnO . . . . .	0.38	0.73	0.72	1.30	—	—	0.96	0.58
CaO . . . . .	0.22	8.28	1.68	следы	—	—	7.24	2.49
MgO . . . . .	1.14	1.63	1.35	0.19	—	—	2.09	0.91
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . .	2.99	2.27	2.40	1.19	1.71	3.75	2.53	2.41
NiO . . . . .	0.90	0.69	1.45	0.72	1.10	1.40	1.10	1.05
CoO . . . . .	0.11	0.25	—	0.00	—	—	—	0.05
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.66	0.46	—	0.23	0.26	0.16	0.12	0.30
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.02	0.03	—	—	—	—	0.05	0.1
S . . . . .	0.04	0.08	—	0.03	0.05	—	следы	0.03
H <sub>2</sub> O± . . . .	12.96	11.74	14.64	11.66	11.29	11.85	10.20	12.00
Сумма . . . .	100.67	98.22	99.61	99.97	95.19	99.29	93.91	96.62
В том числе:								
Fe . . . . .	51.01	45.76	47.18	38.24	45.17	42.40	34.70	43.66
Ni . . . . .	0.70	0.54	1.13	0.56	0.86	1.12	0.86	0.82
Co . . . . .	0.09	0.20	—	—	—	—	—	0.04
Cr . . . . .	2.03	1.54	1.63	0.81	1.17	2.55	1.74	1.65
P . . . . .	0.29	0.20	0	0.10	0.11	0.07	0.05	0.13

Химические анализы выполнены в химлаборатории Ильменского гос. заповедника (г. Миасс, Челябинской обл.) 1937 г.

Минералогический состав образца 7 из дудки 4а по данным пересчета характеризуется в следующем виде (в весовых %):

1. Гидрогетит . . . . .	60.40
2. Хлорит железистый (прохлорит) . . . . .	30.07
3. Хромшпинелиды . . . . .	3.70
4. Магнетит . . . . .	1.10
5. Кальцит + остаток от пересчета . . . . .	1.22
6. Влага H <sub>2</sub> O <sup>-110°</sup> . . . . .	3.51

Сумма . . . . . 100.00

Следует отметить, что среди тонкослоистых руд отмечаются участки, обогащенные глиноземом. Содержание Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в некоторых образцах достигает 15.69% при 5.88% SiO<sub>2</sub>.

Пересчет химического состава на минералогический состав образца 4 из дудки 5а, имеющего повышенное содержание глинозема, дает следующие результаты (в весовых %):

1. Прохлорит . . . . .	49.3
2. Гидрогетит . . . . .	31.5
3. Гидраргиллит . . . . .	10.4
4. Магнетит . . . . .	3.2
5. Хромшпинелиды . . . . .	3.2
6. Кальцит + остаток от пересчета . . . . .	2.4

Сумма . . . . . 100.0

Корковые гидрогетитовые и гидрогетит-марказитовые руды. Эти руды представляют собой плотную, сплошную,

довольно крепкую массу, залегающую в виде корок. Местами они как бы выщелочены, очень пористы, ноздреваты и более рыхлы. Руды главным образом состоят из плотного скрытокристаллического гидрогетита, реже в них принимают участие гидрогематит, кальцит, сидерит, марказит и хлорит.

Под микроскопом обычно наблюдается микрозернистая оптически деятельная масса гидрогетита, окрашенная в темнобурый цвет. Реже встречается микрозернистая красная масса гидрогематита, довольно ясно действующая на поляризованный свет. Иногда гидрогетитовая и гидрогематитовая массы обнаруживают мелкозернистую реликтовую структуру бывшего сидерита. Наличие этой структуры, а также сохранившиеся кое-где разъеденные участки сидерита свидетельствуют о том, что образование корковых руд в некоторых случаях происходило за счет окисления и замещения сидерита.

Марказит в корковых рудах образует гнезда размером до 2—3 см в поперечнике. В северной части карьера нами были обнаружены корковые руды, содержащие мельчайшие гнезда марказита. В поверхностных частях марказит окислен и замещен темнобурым гидрогетитом. Эти руды могут быть отнесены к гидрогетит-марказитовым рудам. Количество Fe в них достигает 50%, а серы около 30%.

Корковая руда залегает в самых нижних горизонтах рудной залежи, непосредственно на карбонатизированной поверхности серпентинита. Она пользуется ограниченным распространением в северной части карьера. Мощность ее составляет в среднем около 0.15—0.20 м.

Химический состав гидрогетитовых корковых руд, более чистых от фосфора и серы, характеризуется данными табл. 17.

Таблица 17

Химический состав корковых руд (в %)

SiO <sub>2</sub> . . . . .	3.20
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1.03
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	72.72
MnO . . . . .	3.73
CaO . . . . .	1.60
MgO . . . . .	1.41
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0.76
NiO . . . . .	0.66
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.04
S . . . . .	0.05
H <sub>2</sub> O . . . . .	12.53

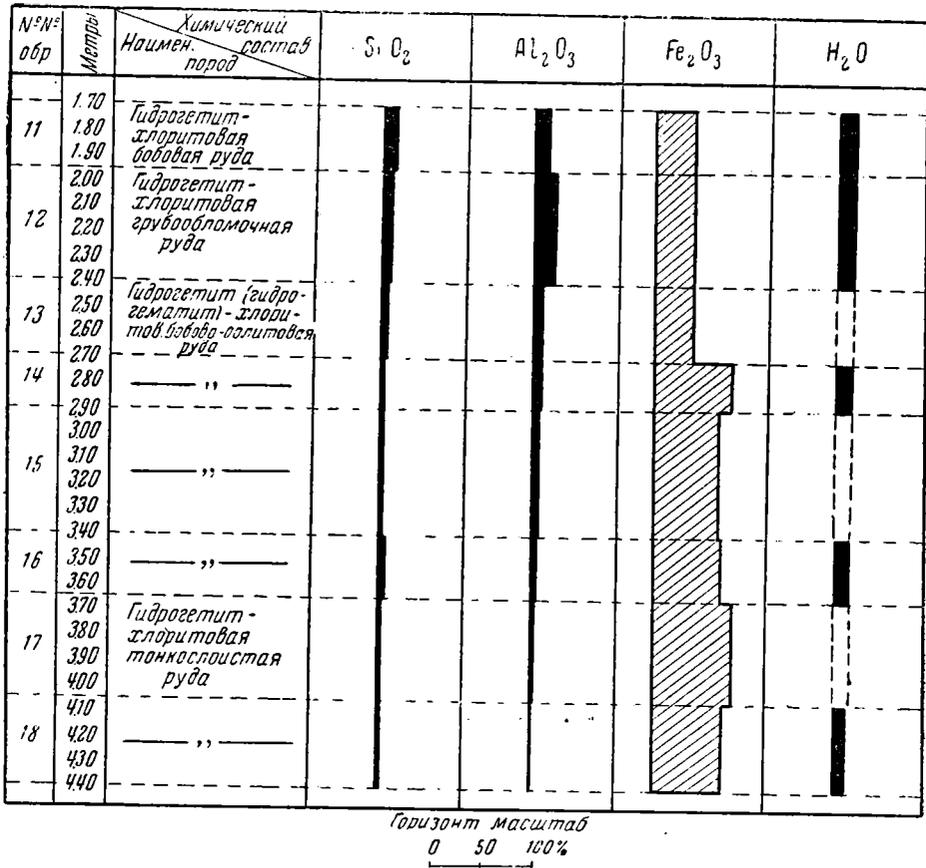
Сумма . . . 97.73

Приведенные данные показывают, что эти руды, по сравнению с другими типами руд, имеют низкое содержание кремнезема, глинозема, серы и фосфора, при повышенном количестве железа и благоприятных отношениях никеля к хрому. В гидрогетит-марказитовых рудах количество серы иногда достигает 20—25%.

Чтобы иметь представление о закономерностях количественного распределения отдельных химических элементов в рудном теле и о связи их с различными минералами, нами был изучен западный борт железорудного карьера. Здесь рудное тело довольно хорошо обнажено на расстоянии около 250 м по борту карьера, имеет сравнительно большую мощность и сложено из различных типов руд. В целом ряде мест по борту карьера были взяты штучные минералогические образцы и химические пробы, характеризующие каждый пласт и тип руды. Образцы брались в вертикальном направлении последовательно по всей мощности рудной толщи. Затем каждый пласт прослеживался в горизонтальном направлении и в случае обнаружения каких-либо изменений в составе руды в этих местах вновь брались штучные минералогические

образцы. В лабораторных условиях эти образцы подвергались минералогическим, оптическим, химическим, рентгенометрическим и термическим исследованиям. Результаты этих работ приведены выше, в соответствующих главах. Здесь остается проследить характер распределения различных химических элементов в разных горизонтах рудной толщи.

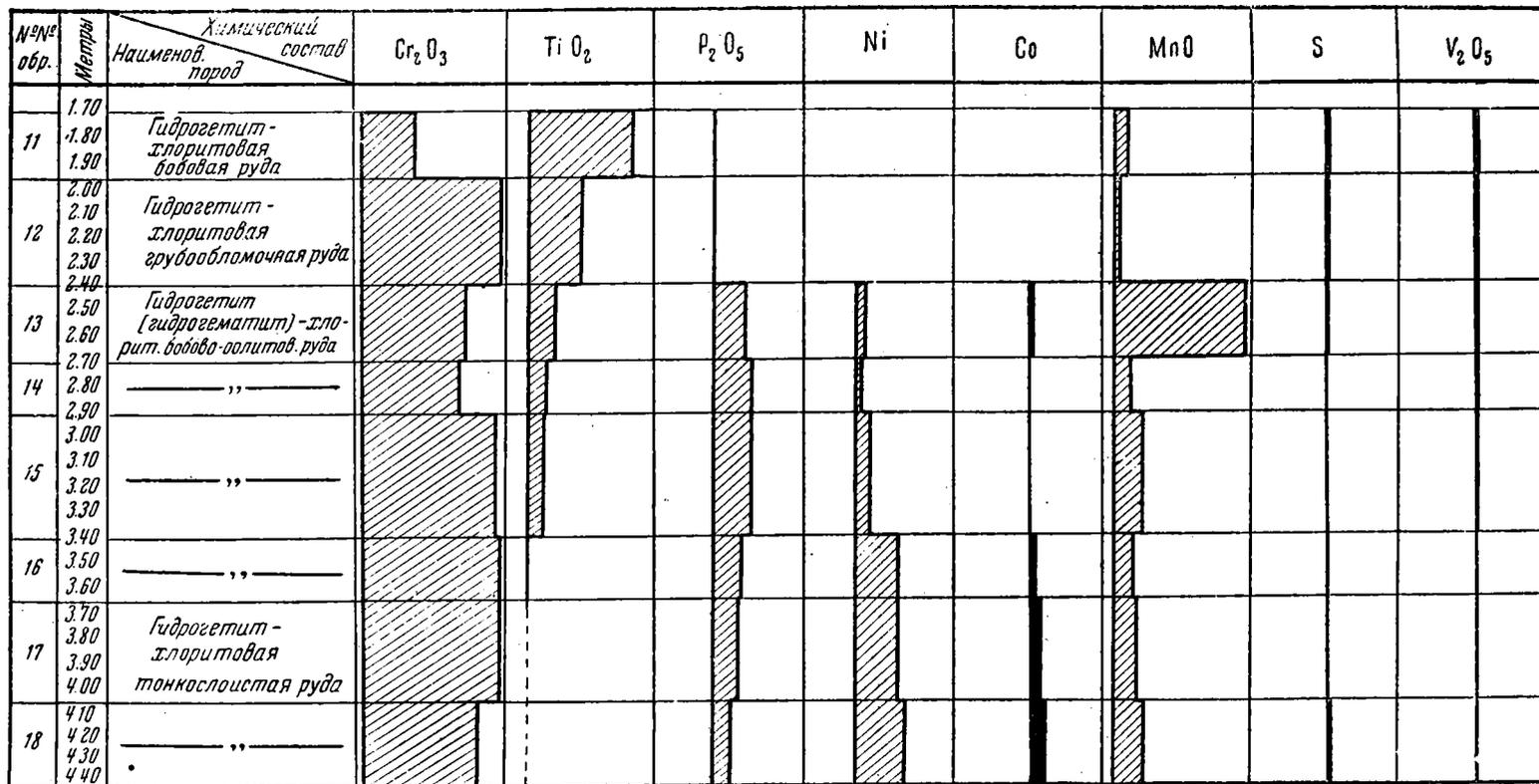
В табл. 18 и 19 приведен химический состав железных руд по типам из разреза по западному борту карьера и по целому ряду разведочных выработок, пройденных по разведочным линиям, как по протяжению, так и в крест протяжения рудной залежи.



Фиг. 21. Диаграмма распределения отдельных химических компонентов в рудной толще Орловского месторождения

На основании данных табл. 18 составлены диаграммы (фиг. 21—22), показывающие вертикальное распределение химических элементов в залежи по западному борту карьера. Разберем характер поведения каждого компонента в отдельности.

Окись железа. Наиболее повышенное содержание  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  отмечается в средних и нижних горизонтах рудной толщи, а именно в бобово-оолитовых и тонкослоистых рудах. Содержание  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в них достигает 60—70%. В средних горизонтах рудной толщи, в бобово-оолитовых рудах, железо концентрируется главным образом в бобах и оолитах в виде гидрогетита, реже гидрогематита и в очень незначительном количестве в виде магнетита. Другая часть  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  входит в состав железистых прохлоритов, которые цементируют бобы и оолиты. Некоторая часть  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  в виде гидрогетитовых прожилков и отдельных скоплений



Фиг. 22. Диаграмма распределения отдельных химических компонентов в рудной толще Орловского месторождения

№ об-разцов	Р у д а	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	Железорудный карьер, западный борт				
11	Гидрогетит-хлоритовая бобовая руда .	14.97	2.14	17.72	41.10
12	Гидрогетит-хлоритовая грубообломочная руда . . . . .	9.23	1.08	20.53	40.96
13	Гидрогетит-хлоритовая бобово-оолитовая руда . . . . .	6.17	0.46	6.89	62.98
14	Гидрогетит-хлоритовая бобово-оолитовая руда . . . . .	3.50	0.34	4.45	75.78
15	Гидрогетит-хлоритовая бобово-оолитовая руда . . . . .	3.45	0.32	8.30	65.30
16	Гидрогетит-хлоритовая тонкослоистая руда . . . . .	4.65	0.06	3.90	70.56
17	Гидрогетит-хлоритовая тонкослоистая руда . . . . .	2.64	следы	3.25	70.45
	Дудка 16 линии II—II				
1	Гидрогетит-хлоритовая бобовая руда .	9.74	1.92	20.74	43.93
2	Гидрогетит-хлоритовая бобово-оолитовая руда . . . . .	8.65	1.27	13.93	52.44
3	Гидрогетит-хлоритовая тонкослоистая руда . . . . .	10.44	4.50	26.76	33.11
	Дудка 5б линии II—II				
1	Гидрогетит-хлоритовая бобовая руда .	6.56	3.92	12.14	63.90
2а	Гидрогетит-хлоритовая грубообломочная руда . . . . .	12.72	1.25	16.43	52.21
2	Гидрогетит-хлоритовая грубообломочная руда . . . . .	12.04	0.74	25.54	33.84
3	Гидрогетит-хлоритовая бобово-оолитовая руда . . . . .	16.27	2.45	14.49	53.50
4	Турьито-хлоритовая бобовая руда . .	14.00	0.52	9.35	60.71

Химические анализы выполнены в химлаборатории Ильменского гос. заповедника

входит в состав цементирующей массы. Незначительная часть Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, повидному, входит в состав хромшпинелидов.

В нижних горизонтах рудной толщи в тонкослоистых рудах Fe концентрируется по большей части в виде охристого, довольно рыхлого гидрогетита, частично же входит в состав железистого прохлорита (кронштедтит).

Верхние горизонты рудного тела, сложенные грубообломочными и бобовыми рудами, отличаются меньшим содержанием Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (около 40%). Железо в этом горизонте концентрируется главным образом в виде гидрогетитовых бобов, но количество последних в этом слое руды обычно очень незначительно. Основная же часть руды представлена железистым и алюмо-железистым прохлоритом.

За к и с ь ж е л е з а. Закисное железо распределено неравномерно, в разных местах рудной толщи количество его колеблется от 1.12 до 2.08%. FeO связано с хлоритами, магнетитом и отчасти с хромшпинелидами.

К р е м н е з е м и г л и н о з е м. В содержании кремнезема и глинозема наблюдается почти одинаковая закономерность, заключающаяся в повышенном содержании SiO<sub>2</sub> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в верхних горизонтах рудного тела и в значительном понижении их количества в нижних горизонтах. Содержание Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в верхних горизонтах, в грубообломочных и бобовых

## Орловского месторождения (в %)

FeO	MnO	CaO	MgO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NiO	CoO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O±	Сумма
2.00	0.35	0.28	1.45	1.12	следы	0.0	0.09	0.14	0.08	17.92	99.36
1.12	0.16	0.26	1.37	3.08	следы	следы	0.06	0.10	0.08	18.11	96.14
—	6.12	—	—	2.11	0.22	0.09	0.75	0.03	0.07	—	85.89
1.28	0.35	0.32	1.05	1.96	0.10	0.03	0.84	0.01	0.04	10.24	100.29
—	0.64	—	—	2.75	0.28	0.05	0.80	0.04	0.04	—	81.97
2.08	0.38	0.22	1.14	2.99	0.90	0.11	0.66	0.04	0.02	12.96	100.67
—	0.49	—	—	3.20	0.87	0.06	0.55	0.03	0.02	—	81.56
6.42	0.52	0.14	0.37	0.91	0.05	—	0.37	0.19	0.053	14.50	99.85
6.95	—	—	—	5.35	0.00	—	0.53	—	0.03	—	89.15
0.85	0.31	0.26	0.36	2.13	1.32	—	0.22	0.22	0.03	14.44	99.95
0.67	0.42	0.12	0.03	0.60	следы	—	0.11	0.01	0.045	11.56	100.08
0.35	0.69	0.22	0.17	0.12	следы	—	0.34	следы	0.04	15.32	99.86
8.06	0.43	0.30	0.68	0.85	0.06	—	0.48	0.05	0.04	17.32	100.43
1.35	0.46	0.42	0.25	0.10	следы	—	0.26	следы	0.03	10.64	100.22
3.13	0.39	0.34	1.10	0.63	0.16	—	0.20	следы	0.04	9.88	100.45

(г. Миасс, Челябинской обл.), 1937 г.

рудах, составляет около 17—20% и более. В нижних горизонтах, в тонкоослонистых рудах содержание  $Al_2O_3$  около 3.0%. Соответственно содержание  $SiO_2$  в верхних горизонтах около 15%, а в нижних 2.5—3.5%. Количество  $Al_2O_3$  обычно преобладает над  $SiO_2$ , иногда, в грубообломочных рудах, более чем в два раза. При пересчетах химического состава руды на минералогический состав остается довольно значительное количество свободного  $Al_2O_3$  и  $H_2O$ , которые входят в состав гидраргиллита. Значительные скопления гидраргиллита в виде прожилков и неправильной формы скоплений обусловлены диагенезом рудной толщи. Таким образом, значительная часть  $Al_2O_3$  связана с гидраргиллитом. Другая же часть его приурочена к алюмо-железистым прохлоритам. Кремнезем связан почти исключительно с хлоритами, каолинитом и кварцем.

Окись кальция и окись магния распределены в рудном теле довольно равномерно. Содержание  $CaO$  в разных горизонтах составляет около 0.26—0.30%,  $MgO$  в среднем около 1.30%.  $CaO$  связан главным образом с кальцитом, реже с доломитом и только в незначительных количествах с хлоритом, тогда как  $MgO$  связан главным образом с хлоритами и отчасти с магнезитом, хромшпинелидами и доломитом.

Магнeц распределен в рудной толще очень неравномерно. Со-

№ образ- цов	Руда	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO
Дудка 3а линия I—I						
1	Гидрогетит-хлоритовая бобовая руда . . . .	11.73	1.91	30.28	31.04	2.87
2	Гидрогетит-хлоритовая бобовая руда . . . .	7.95	0.98	30.34	32.98	3.23
3	Гидрогетит-хлоритовая грубообломочная руда	22.48	2.06	27.48	23.06	6.06
4	Гидрогетит-хлоритовая бобово-оолитовая руда	6.96	0.16	12.04	56.01	9.44
5	Гидрогетит-хлоритовая тонкослоистая руда .	5.60	0.10	4.38	66.25	1.04
Дудка 3а линия I—I						
1	Гидрогетит-хлоритовая бобовая руда . . . .	8.06	—	2.50	65.01	7.32
2	Гидрогетит-хлоритовая бобово-оолитовая руда	2.58	0.91	6.66	67.12	0.07
3	Гидрогетит-хлоритовая тонкослоистая руда .	5.98	—	15.69	60.51	0.05
Дудка 5а линия I—I						
1	Гидрогетит-хлоритовая бобовая руда . . . .	8.14	1.42	4.84	62.84	3.17
2	Гидрогетит-хлоритовая бобово-оолитовая руда	9.16	3.00	20.96	39.42	8.36
3	Гидрогетит-хлоритовая тонкослоистая руда .	9.05	0.85	11.69	39.42	9.11
Дудка 2б линия II—II						
1	Гидрогетит-хлоритовая грубообломочная руда	11.97	1.90	26.79	30.33	5.36
2—3	Гидрогетит-хлоритовая бобово-оолитовая руда	8.52	1.05	26.34	36.22	6.15
4	Гидрогетит-хлоритовая тонкослоистая руда .	15.06	0.47	16.62	33.82	18.68
5	Гидрогетит-хлоритовая тонкослоистая руда .	3.55	0.42	10.94	64.81	1.06

Химические анализы по дудке 4а линии I—I выполнены П. А. Волковым; обл.), 1937 г.

держание MnO в различных горизонтах колеблется от 0.16 до 0.64%, а в одном случае, в среднем горизонте рудной толщи, в бобово-оолитовой руде содержание MnO составило 6.12% .

MnO связан преимущественно с псиломелан-вадом, который наблюдается в виде тончайших корочек, прожилков и примазков в различных типах руд. Частично MnO связан с хлоритами.

Хром. Содержание хрома в рудной толще непостоянное. В самом верхнем горизонте в составе бобовых руд количество Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> составляет 1.02%, а под этим горизонтом, в грубообломочных рудах достигает 3.08%. В среднем горизонте в бобово-оолитовых рудах содержание Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> колеблется от 1.96 до 2.75%. В нижнем же горизонте в составе тонкослоистых руд вновь достигает 2.99—3.20%. Содержание Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в рудной толще в основном обуславливается наличием зерен хромшпинелидов.

Никель и кобальт, как правило, накапливаются в более низких горизонтах. В самых верхних горизонтах NiO и CoO отсутствуют или обнаруживаются в следах. В среднем горизонте, в бобово-оолитовых рудах, содержание NiO колеблется от 0.08 до 0.28% и CoO от 0.03 до 0.09%. В нижних горизонтах количество NiO достигает 0.87—0.90%, а CoO 0.06—0.11%.

Никель и кобальт в составе рудой толщи связаны, вероятно, как с хлоритами, так и с вадом (асболаном). В виде примесей никель и кобальт, повидимому, могут находиться в гидрогетитах и гидрогематитах.

Орловского месторождения (в %)

MnO	CaO	MgO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NiO	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	H <sub>2</sub> O ±	Сумма
0.02	0.36	0.24	0.43	следы	—	0.09	—	19.98	98.95
0.11	0.47	0.45	0.30	—	—	0.11	—	22.48	99.42
0.20	0.12	0.16	1.05	0.09	—	—	—	17.30	100.06
0.32	0.23	0.50	3.50	0.17	—	—	—	10.78	107.11
0.72	1.68	1.35	2.40	1.45	—	—	—	14.64	99.61
—	0.38	0.63	2.84	0.25	—	0.34	—	12.90	100.23
—	—	—	3.03	0.43	—	0.29	—	12.66	97.75
—	—	—	3.75	1.40	—	0.16	—	11.85	99.39
1.15	0.44	0.08	0.88	0.04	0.04	0.19	0.11	16.64	99.98
0.41	0.18	0.03	2.40	0.09	—	0.17	0.02	15.35	99.55
0.93	7.24	2.09	2.53	1.10	0.05	0.12	следы	10.20	93.91
—	0.35	0.09	0.58	0.11	—	0.41	—	20.43	98.32
—	—	—	1.77	0.35	—	0.53	—	18.48	99.41
1.30	следы	0.19	1.19	0.72	—	0.23	0.03	11.66	99.97
—	—	—	1.71	1.10	—	0.26	0.05	11.29	95.19

остальные в химлаборатории Ильменского гос. заповедника (г. Миасс, Челябинской

**Фосфор.** Характер распределения фосфора в руде следующий: в верхних горизонтах рудной толщи, в бобовых и грубообломочных рудах, количество P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> составляет от 0.06 до 0.09%. В средних горизонтах, в составе бово-оолитовых руд, количество P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> колеблется от 0.75 до 0.84%. В тонкослоистых рудах количество P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> составляет в среднем около 0.46—0.55%. Как видно, наибольшее количество фосфора отмечается в бово-оолитовых рудах. Повидимому, он является примесью в гидрогетитовых бобах и оолитах, а в тонкослоистых рудах — в плотных прожилках гидрогетита.

**Сера.** Содержание серы в рудной толще без видимой закономерности колеблется в разных горизонтах от 0.03 до 0.14%. Присутствие серы объясняется наличием отдельных гнезд и прожилков марказита.

**Ванадий и титан.** В характере распределения титана и ванадия отмечается одинаковая закономерность, оба элемента сконцентрированы главным образом в верхних горизонтах. Содержание их по направлению к нижним горизонтам постепенно уменьшается. Количество V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в верхнем горизонте 0.08%, в среднем — около 0.04% и в нижнем — около 0.02%. Количество TiO<sub>2</sub> в верхнем слое от 2.14 до 1.08%, в среднем слое около 0.04% и в нижнем — от 0.06% до следов. Таким образом, поведение титана и ванадия в составе рудной залежи совершенно противоположно характеру поведения никеля и кобальта.

**Вода.** Содержание H<sub>2</sub>O в рудной толще неравномерное. Количество H<sub>2</sub>O в разных горизонтах колеблется от 10.24 до 17.92%.

В нашем распоряжении имеются также данные спектрального ана-

№ образ- цов	Руда	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO
Дудка 3а линия I—I						
1	Гидрогетит-хлоритовая бобовая руда . . . .	11.73	1.91	30.28	31.04	2.87
2	Гидрогетит-хлоритовая бобовая руда . . . .	7.95	0.98	30.34	32.98	3.25
3	Гидрогетит-хлоритовая грубообломочная руда	22.48	2.06	27.48	23.06	6.06
4	Гидрогетит-хлоритовая бобово-оолитовая руда	6.96	0.16	12.04	56.01	9.44
5	Гидрогетит-хлоритовая тонкослоистая руда .	5.60	0.10	4.38	66.25	1.04
Дудка 3а линия I—I						
1	Гидрогетит-хлоритовая бобовая руда . . . .	8.06	—	2.50	65.01	7.32
2	Гидрогетит-хлоритовая бобово-оолитовая руда	2.58	0.91	6.66	67.12	0.07
3	Гидрогетит-хлоритовая тонкослоистая руда .	5.98	—	15.69	60.51	0.05
Дудка 5а линия I—I						
1	Гидрогетит-хлоритовая бобовая руда . . . .	8.14	1.42	4.84	62.84	3.17
2	Гидрогетит-хлоритовая бобово-оолитовая руда	9.16	3.00	20.96	39.42	8.36
3	Гидрогетит-хлоритовая тонкослоистая руда .	9.05	0.35	11.69	39.42	9.11
Дудка 2б линия II—II						
1	Гидрогетит-хлоритовая грубообломочная руда	11.97	1.90	26.79	30.33	5.36
2—3	Гидрогетит-хлоритовая бобово-оолитовая руда	8.52	1.05	26.34	36.22	6.15
4	Гидрогетит-хлоритовая тонкослоистая руда .	15.06	0.47	16.62	33.82	18.68
5	Гидрогетит-хлоритовая тонкослоистая руда .	3.55	0.42	10.94	64.81	1.06

Химические анализы по дудке 4а линии I—I выполнены П. А. Волковым; обл.), 1937 г.

держание MnO в различных горизонтах колеблется от 0.16 до 0.64%, а в одном случае, в среднем горизонте рудной толщи, в бобово-оолитовой руде содержание MnO составило 6.12% .

MnO связан преимущественно с псиломелан-вадом, который наблюдается в виде тончайших корочек, прожилков и примазков в различных типах руд. Частично MnO связан с хлоритами.

Хром. Содержание хрома в рудной толще непостоянное. В самом верхнем горизонте в составе бобовых руд количество Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> составляет 1.02%, а под этим горизонтом, в грубообломочных рудах достигает 3.08%. В среднем горизонте в бобово-оолитовых рудах содержание Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> колеблется от 1.96 до 2.75%. В нижнем же горизонте в составе тонкослоистых руд вновь достигает 2.99—3.20%. Содержание Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в рудной толще в основном обуславливается наличием зерен хромшпинелидов.

Никель и кобальт, как правило, накапливаются в более низких горизонтах. В самых верхних горизонтах NiO и CoO отсутствуют или обнаруживаются в следах. В среднем горизонте, в бобово-оолитовых рудах, содержание NiO колеблется от 0.08 до 0.28% и CoO от 0.03 до 0.09%. В нижних горизонтах количество NiO достигает 0.87—0.90%, а CoO 0.06—0.11%.

Никель и кобальт в составе рудой толщи связаны, вероятно, как с хлоритами, так и с вадом (асболаном). В виде примесей никель и кобальт, повидимому, могут находиться в гидрогетитах и гидрогематитах.

## Орловского месторождения (в %)

MnO	CaO	MgO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	NiO	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	H <sub>2</sub> O ±	Сумма
0.02	0.36	0.24	0.43	следы	—	0.09	—	19.98	98.95
0.11	0.47	0.45	0.30	—	—	0.11	—	22.48	99.42
0.20	0.12	0.16	1.05	0.09	—	—	—	17.3)	100.06
0.32	0.23	0.50	3.50	0.17	—	—	—	10.78	107.11
0.72	1.68	1.35	2.40	1.45	—	—	—	14.64	99.61
—	0.38	0.63	2.84	0.25	—	0.34	—	12.90	100.23
—	—	—	3.03	0.43	—	0.29	—	12.66	97.75
—	—	—	3.75	1.40	—	0.16	—	11.85	99.39
1.15	0.44	0.08	0.88	0.04	0.04	0.19	0.11	16.64	99.98
0.41	0.18	0.03	2.40	0.09	—	0.17	0.02	15.35	99.55
0.93	7.24	2.09	2.53	1.10	0.05	0.12	следы	10.20	93.91
—	0.35	0.09	0.58	0.11	—	0.41	—	20.43	98.32
—	—	—	1.77	0.35	—	0.53	—	18.48	99.41
1.30	следы	0.19	1.19	0.72	—	0.23	0.03	11.66	99.97
—	—	—	1.71	1.10	—	0.26	0.05	11.29	95.19

остальные в химлаборатории Ильменского гос. заповедника (г. Миасс, Челябинской

**Фосфор.** Характер распределения фосфора в руде следующий: в верхних горизонтах рудной толщи, в бобовых и грубообломочных рудах, количество P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> составляет от 0.06 до 0.09%. В средних горизонтах, в составе бобово-оолитовых руд, количество P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> колеблется от 0.75 до 0.84%. В тонкослоистых рудах количество P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> составляет в среднем около 0.46—0.55%. Как видно, наибольшее количество фосфора отмечается в бобово-оолитовых рудах. Повидимому, он является примесью в гидрогетитовых бобах и оолитах, а в тонкослоистых рудах — в плотных прожилках гидрогетита.

**Сера.** Содержание серы в рудной толще без видимой закономерности колеблется в разных горизонтах от 0.03 до 0.14%. Присутствие серы объясняется наличием отдельных гнезд и прожилков марказита.

**Ванадий и титан.** В характере распределения титана и ванадия отмечается одинаковая закономерность, оба элемента сконцентрированы главным образом в верхних горизонтах. Содержание их по направлению к нижним горизонтам постепенно уменьшается. Количество V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в верхнем горизонте 0.08%, в среднем — около 0.04% и в нижнем — около 0.02%. Количество TiO<sub>2</sub> в верхнем слое от 2.14 до 1.08%, в среднем слое около 0.04% и в нижнем — от 0.06% до следов. Таким образом, поведение титана и ванадия в составе рудной залежи совершенно противоположно характеру поведения никеля и кобальта.

**Вода.** Содержание H<sub>2</sub>O в рудной толще неравномерное. Количество H<sub>2</sub>O в разных горизонтах колеблется от 10.24 до 17.92%.

В нашем распоряжении имеются также данные спектрального ана-

лиза железных руд Орловского месторождения (табл. 20). Как видим, кроме известных нам элементов, спектральный анализ показывает присутствие средней интенсивности линий олова.

Проследивая характер количественного распределения отдельных химических элементов по вертикальным направлениям, мы находим, что отмеченные выше закономерности в аналогичных разрезах сохраняются. По данным ряда разрезов железо остается в повышенных количествах в средних и нижних горизонтах рудной толщи. Кремнезем, глинозем, титан, ванадий накапливаются в верхних горизонтах и убывают книзу. Никель и кобальт накапливаются в нижних горизонтах в составе тонкослоистых руд. Фосфор и марганец больше всего сосредоточиваются в средних горизонтах, в бобово-оолитовых рудах. Кальций, магний и хром рассеяны довольно неравномерно.

В виде исключения в некоторых участках рудной толщи содержание тех или иных элементов отклоняется от указанных закономерностей. Так, например, в южной части карьера, в самой нижней части пласта, состоящего из бобово-оолитовых руд, встречено значительное обогащение руды кальцитом, который представляет здесь основную часть цементирующей массы. В другом месте в этом же горизонте встречены отдельные гнезда сидерита. Характерно также, что местами по стенкам трещин нами были встречены отдельные натечные почковидные образования марказита, достигающие 10—15 мм в диаметре. Образование их связано с растворами, циркулировавшими по трещинам в разных местах рудной толщи.

Аналогичные отклонения имеются также и в других местах рудной площади, за пределами железорудного карьера. В дудке 16 (по линии II—II) количество железа уменьшается в нижних горизонтах, в составе слоистых руд, за счет обогащения их кальцитом, тогда как содержание кремнезема здесь почти не изменяется. В дудке 3а отмечается увеличение в нижних горизонтах глинозема до 15.69%, в содержании же фосфора наблюдается постепенное уменьшение  $P_2O_5$  по направлению сверху вниз с 0.34 до 0.16%.

В заключение следует указать, что спектроскопические исследования железных руд, проведенные С. А. Боровиком (1937), показывают наличие в спектрах слабых линий  $Sr$ , иногда и  $V$ . Для некоторых образцов отмечаются линии  $Sn$  (табл. 20).

Таблица 20

Спектроскопические анализы железных руд из Орловского месторождения

Элементы	Обр. 8	Обр. 9	Обр. 10	Обр. 11	Обр. 12	Обр. 13	Обр. 14	Обр. 15	Обр. 16
Ni . . . . .	сн	ср	сн	сн	сн	сн	сл	ср	сн
Co . . . . .	—	—	—	сл	ср	сл	—	—	сл
Ca . . . . .	сл	сл	сл	ср	сл	сл	сл	сл	сл
Cr . . . . .	сн	сн	ср	сн	сн	сн	сл	—	ср
Ba . . . . .	сл	—	—	сн	сл	—	—	—	—
Sn . . . . .	ср	ср	—	ср	—	ср	—	—	сл
V . . . . .	ср	ср	ср	—	—	сн	—	—	сл
Ti . . . . .	сн	сн	ср	—	сл	ср	ср	ср	сл

Условные обозначения: сн—сильные линии спектра  
ср—средние линии »  
сл—слабые линии »  
— нет линии »

Спектральные анализы производились С. А. Боровиком (1937).

## Промышленные типы руд и их качественная характеристика

На основании изучения строения рудной толщи и химико-минералогического состава руды, учитывая кондиции ГУМП 1935 г. и требования различных отраслей промышленности к халиловским комплексным рудам, можно выделить следующие промышленные типы руд: 1) хромо-никелевые железные руды, 2) хромистые железные руды, 3) глиноземеистые железные руды.

**Хромо-никелевые железные руды.** К этому типу относятся гидрогетит-хлоритовые тонкослоистые руды, залегающие в виде пласта в самых нижних горизонтах рудной толщи и выполняющие карстовидные углубления на выветрелых серпентинитах, в виде карманов разной величины и формы. Руда представляет собой довольно легковесную, иногда очень рыхлую массу, окрашенную в буровато-желтый цвет. Реже окраска ее бывает красновато-бурой. В сравнительно редких случаях руда бывает более плотной, тяжеловесной и крепкой. Состоит из переслаивающихся тонких линзовидных пропластков, сложенных из аморфных и мелкочешуйчатых железистых хлоритов и мелкозернистого скрытокристаллического гидрогетита и, реже, гидрогематита. Иногда наблюдаются мельчайшие прожилки асболана (вада), зерна магнетита и хромшпинелидов. Местами в руде встречаются отдельные гнезда сидерита и марказита. Удельный вес руды около 2—3. Средняя мощность около 1 м. В виду небольшой крепости добыча ее на некоторых участках может производиться без применения взрывных работ.

Средний химический состав руды по 7 штучным пробам приведен в табл. 16.

Кроме штучных проб, в порядке контроля брались бороздовые пробы, химический состав которых приведен в табл. 21. Из этой таблицы видно, что химический состав бороздовых проб подтверждает указанный выше средний химический состав руды, полученный по 7 штучным образцам.

Приведенный состав руды вполне отвечает кондициям ГУМП, установленным в 1935 г. для хромо-никелевых комплексных халиловских руд.

**Хромистые железные руды.** К хромистым железным рудам относятся гидрогетит-хлоритовые бобово-оолитовые руды, залегающие в средних горизонтах рудной толщи. Эти руды по большей части представляют собой плотную, крепкую и тяжеловесную желтовато-бурую породу. Удельный вес их колеблется от 3 до 4. В составе руды принимают участие оолиты, бобы, отдельные гальки, песчинки и цементирующая их масса. Бобы и оолиты рассеяны в руде неравномерно, но по большей части они сильно сгущены. Бобы и оолиты состоят из гидрогетита, гидрогематита, железистого хлорита, магнетита, хромшпинелидов, гидраргиллита и кальцита. Встречающиеся в руде гальки представлены также бобово-оолитовыми рудами. Цементирующая масса в руде представлена гидрогетитом и железистым хлоритом. Иногда в ней принимают участие кальцит и гидраргиллит. Мощность этих руд колеблется от 0.5 до 3 м.

Средний химический состав хромистых железных руд по данным 6 штучных проб дан в табл. 15.

Проверка химического состава бобово-оолитовых руд была проведена путем взятия бороздовых проб. Результаты анализов этих проб приведены в табл. 21.

Из приведенных данных видно, что эта руда имеет сравнительно повышенное содержание железа и хрома и низкое содержание никеля. Отношение хрома к никелю далеко не отвечает кондициям ГУМП, поэтому руда с таким содержанием выделена нами в особый тип хромистых (никельсодержащих) железных руд.

Химический состав борздовых проб железных руд из железорудного карьера Орловского месторождения (в %)

Компоненты	Проба 33, нижн.-гориз., тонко-слоист. руда	Проба 38, нижн.-гориз., тонко-слоист. руда	Проба 32, средн.-гориз. бобово-оолитов. руда	Проба 37, средн.-гориз. бобово-оолитов. руда	Проба 31, верхн.-гориз., грубооблом. руда	Проба 36, верхн.-гориз., грубооблом. руда	Проба 28, верхн.-гориз., грубообломочн. руда
SiO <sub>2</sub> . . . . .	10.96	14.00	12.35	11.44	18.52	19.58	15.12
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.44	0.15	0.94	0.39	0.69	5.39	1.29
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	7.79	2.84	15.28	7.71	22.65	24.69	20.80
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	57.07	64.03	40.52	58.14	38.49	23.81	37.99
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2.45	2.33	2.03	2.76	1.28	3.07	0.95
FeO . . . . .	3.12	сл.д.	5.68	0.91	2.79	1.64	1.63
MgO . . . . .	1.57	0.93	1.89	1.53	1.52	1.84	1.66
MnO . . . . .	0.71	0.32	0.32	0.29	0.21	0.1	0.18
CaO . . . . .	1.77	0.25	0.41	0.92	0.76	0.36	0.57
NiO . . . . .	1.22	0.88	0.17	0.34	0.04	0.05	0.11
CoO . . . . .	0.11	0.12	0.02	0.06	0.01	0.01	1.01
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	—	0.03	—	0.01	0.06	0.05	—
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.25	0.54	0.45	0.84	0.42	0.20	0.45
S . . . . .	0.07	0.05	0.10	0.01	0.01	0.05	0.47
H <sub>2</sub> O— . . . . .	4.82	2.14	4.82	4.34	3.47	4.76	6.67
H <sub>2</sub> O+ . . . . .	8.60	10.97	8.91	8.89	9.49	13.02	12.95
Сумма . . . . .	100.95	99.61	93.89	98.58	100.41	98.63	101.85
В том числе:							
Fe . . . . .	42.38	51.84	37.69	41.41	28.01	17.95	27.87
Cr . . . . .	1.67	1.58	1.38	1.88	0.86	2.09	0.65
Ni . . . . .	0.95	0.39	0.13	0.26	0.03	0.04	0.08
P . . . . .	0.11	0.23	0.19	0.33	0.18	0.09	0.19

Химические анализы выполнены в химической лаборатории Южно-Уральской экспедиции АН СССР (1938).

Глиноземистые железные руды. К глиноземистым железным рудам отнесены гидрогетит-хлоритовые грубообломочные руды, залегающие в верхних горизонтах рудной толщи. Эти руды по большей части плотные, местами кавернозные, довольно крепкие и тяжеловесные. Удельный вес их колеблется от 3.0 до 3.5. Руда имеет желтовато-бурый цвет.

Руда характеризуется конгломератовидным сложением и состоит из различного количества беспорядочно рассеянных галек, песчинок, отдельных бобов и оолитов. Гальки полуокатаны и состоят из бобово-оолитовых руд, из железистых хлоритов, кварца и других минералов. Песчинки представлены зернами гидрогетита, хромшпинелида, магнетита, кварца, гидраргиллита и каолинита. Цементирующая масса руды состоит из железистых хлоритов и гидрогетита, реже в ней принимают участие сидерит, гидраргиллит, кальцит и гидрогематит. Последние образуют отдельные прожилки и гнезда. Мощность глиноземистых (грубообломочных) руд колеблется от 0 до 1 м.

Средний химический состав глиноземистых (грубообломочных) руд по данным 5 штучных проб см. в табл. 14.

Химический состав контрольных борздовых проб приведен в табл. 21. Состав борздовых проб не имеет резких отличий от указанных выше средних содержаний штучных проб.

Приведенные данные свидетельствуют о пониженном содержании в глиноземистых рудах железа, никеля и отчасти хрома и о сравнительно высоком содержании глинозема, который иногда резко преобладает над содержанием кремнезема. Так, например, по данным бороздовых проб отношение  $Al_2O_3 : SiO_2 =$  около 1.3—1.4, а по среднему содержанию штучных проб это отношение достигает 2.5. Значительное содержание Al позволяет использовать эти руды как присадку при плавке других типов руд для получения глиноземистого шлака, ценного сырья для высококачественного глиноземистого цемента.

Подсчет запасов по Орловскому месторождению впервые был произведен Халиловской геолого-разведочной базой и утвержден Комиссией по запасам Средне-волжского Геолого-разведочного треста, а также Комиссией по запасам при бывшей Союзгеоразведке в 1931 г. в следующих размерах: по категории  $A_2$ —8710.3 тыс. т, по категории B—7669.0 тыс. т, а всего 16 379.3 тыс. т.

При подсчете запасов руда, по содержанию железа, без учета содержащихся в ней примесей (Ni, Co, Cr), подразделялась на следующие четыре сорта: I сорт—Fe больше 40%, II сорт—от 30 до 40%, III сорт—от 20 до 30%, IV сорт с содержанием Fe менее 20%.

Несмотря на утверждение запасов, материалы геолого-разведочных работ за 1931 г. оказались обработанными неполностью. Поэтому трест Гипроруда в 1933 г. вынужден был дообработать весь геолого-разведочный материал по разведкам прошлых лет и пересчитать запасы вновь. При подсчете запасов все железные руды разделялись Гипрорудой на сорта по следующему принципу: I сорт руды выделялся с содержанием Fe больше 28%, без никеля; II сорт—Fe меньше 28%, но учитывался Ni с содержанием до 0.60%; II—III сорт—Fe меньше 28% и Ni с неопределенным количеством; III сорт—Fe меньше 28% и Ni более 0.6%; IV сорт руды выделялся для всех руд, мощность которых была меньше 1 м.

Особо выделялись руды не опробованные.

Такое разделение сортов руды для промышленности совершенно не приемлемо. Оно очень запутано, неудобно и не отражает требований по отношению к другим компонентам:  $Cr_2O_3$ ,  $Al_2O_3$ , P, S и др.

Запасы железных руд, подсчитанные Гипрорудой по этому принципу, приведены в табл. 22.

Таблица 22

Запасы железных руд по Орловскому месторождению, подсчитанные Гипрорудой в 1933 г.

Сорта	Запасы руды в тыс. т	С о д е р ж а н и е ( в % )								Средний удельный вес руды
		Fe	Mn	$SiO_2$	P	Cr	Ni	S	$Al_2O_3$	
I . . . . .	8252.0	38.72	0.20	17.31	0.20	0.79	0.34	0.07	—	—
II—III . . . . .	406.0	22.43	0.07	—	0.17	0.74	—	0.11	—	—
III . . . . .	2001.0	24.61	0.16	—	0.19	0.59	0.12	0.14	—	—
IV . . . . .	276.0	27.77	0.12	—	0.14	1.02	0.43	0.10	—	—
Итого . . .	10935.0	35.12	0.18	18.31	0.20	0.69	0.30	0.09	—	2.4
Осталось неопробован. . . . .	4782.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Всего . . .	15817.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Из приведенных данных видно, что Гипрорудой общее количество запасов понижено на 562.3 тыс. т против запасов, подсчитанных Халиловской геолого-разведочной базой.

В 1939 г. запасы железных руд были пересчитаны вновь С. Д. Батищевым-Тарасовым по заданию Средне-волжского Геологического управления. В результате этих пересчетов были снижены категории запасов и уменьшено их количество. Запасы железных руд, подсчитанные С. Д. Батищевым-Тарасовым, были утверждены ВКЗ в 1940 г. По категории С—в количестве 12 100 тыс. тонн.

## 7. АККЕРМАНОВСКОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ <sup>1</sup>

(Г. И. Теодорович, А. Л. Яницкий и В. Е. Яганова) \*

Аккермановское железорудное месторождение находится в 30 км к западу от г. Орска, между пос. Старой Аккермановкой на севере и р. Разбойкой на юге. Площадь месторождения входит в пределы планшета М—40—33—А и частично М—40—33—Б геологической съемки (1 : 50 000) ЦНИГРИ.

Рудная толща Аккермановского железорудного месторождения впервые изучалась И. Л. Рудницким и С. А. Кандауровым в 1932—1933 гг. Более детальное изучение рудной толщи проводилось Н. М. Келпен (1937) и отчасти Г. И. Теодоровичем (1937).

Дополнительно рудная толща изучалась в 1938 г. отрядом Южно-Уральской экспедиции Академии Наук СССР в составе В. П. Кротова, А. Л. Яницкого и В. Е. Ягановой, а также Г. И. Теодоровичем, изучавшим подстилающие и покрывающие породы и геологическое строение участка.

### Орогидрография района

Аккермановское железорудное месторождение располагается в пределах равнинного в общем участке рельефа, полого наклоненного с северо-запада на юго-восток (к р. Уралу) и рассеченного ручьями и оврагами, имеющими в пределах месторождения широтное направление. В соответствии с этим наибольшие абсолютные отметки на площади месторождения находятся в северо-западном его углу, где достигают 300—310 м, а наименьшие — в юго-восточном, по долине р. Разбойки (правого притока р. Урала), где снижаются до 240—230 м. Овраги — Отножка (северный овраг) и Ключики (южный овраг) — и р. Разбойка принадлежат эрозионной сети правобережья р. Урала. Р. Разбойка и ее левый приток р. Топкая являются единственными постоянно действующими водными артериями района месторождения.

Более или менее значительные обнажения коренных пород наблюдаются там, где эрозионная сеть проходит по более твердым и одновременно значительной мощности породам. Таковыми для района месторождения являются силициты (Теодорович, 1935<sub>2</sub>) среднего и верхнего девона, известняки фаменского яруса D<sub>3</sub> (и низов нижнего карбона) и известняки визе. Наоборот, основная толща турне, а также юрские и третичные образования почти совсем не дают естественных обнажений.

В соответствии со сказанным наилучшие обнажения наблюдаются по левому берегу р. Разбойки, который слагается (южнее месторождения) породами среднего и верхнего девона, а также известняками низов С<sub>1</sub>. Еще восточнее, в местах, где развиты отложения турнейской известняково-кремнисто-глинистой толщи, обнажения прекращаются.

\* ИГН. Выпуск 67. Серия рудных месторождений (№ 6). 1941.

<sup>1</sup> Г. И. Теодоровичем написаны первые три раздела (орогидрография района, стратиграфия и литология района, тектоника); остальные разделы составлены А. Л. Яницким и В. Е. Ягановой.

Обнажения вдоль ранее перечисленных оврагов располагаются прерывисто. Объясняется это тем, что известняки визе выходят на дневную поверхность в виде отдельных массивов или бугров неправильных очертаний. Мы здесь отметим лишь два таких массива. Один массив, пологий, слабо выраженный в рельефе, располагается в северо-западной части месторождения, причем юго-восточный край массива находится в районе ныне действующего известнякового карьера. Другой массив, более резко выраженный в рельефе, неправильных очертаний, находится в средней части восточной половины площади месторождения. Местами среди массивов известняков имеются карстового типа мелкие воронки.

Пространство между массивами и буграми известняков визе заполнено осадками рудоносной юры и плиоцена, сглаживающими общий рельеф.

К востоку от месторождения юрские отложения занимают обширную площадь, представляющую часть широкой, более или менее меридиональной депрессии Баймакской синклинальной зоны. В районе месторождения проходит западный край этой депрессии, идущей вдоль дугообразной полосы фаменско-турнейских отложений.

Еще М. Э. Янишевский заметил, что ручей, текущий в Известковом логе, на участках, где его русло проходит среди известняков карбона, исчезает с дневной поверхности. По этому поводу он писал: «Нужно думать, что русла некоторых речек здесь сухи потому, что на некотором своем протяжении эти речки становятся подземными... Это мы видим, например, на Известковом логе» (Янишевский, 1910—1911).

Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, на основании полевых наблюдений 1890 г., указал, что «Губерлинские горы и соседние с ними холмы в своем настоящем виде являются настоящими горами размыва, эрозионными горами, высеченными в общем высоком плоскогорье размывающей скульптурной работой здешних рек. Горы и холмы, за очень редкими отдельными исключениями, приурочены все к речным долинам. Гористая скалистая лента, окаймляющая долины этих рек, занимает очень неширокую полосу и постепенно сливается с ровной нагорной степью, занимающей все междуречные пространства» (Левинсон-Лессинг, 1891).

Возможность молодого поднятия Губерлинских гор упоминается Е. Э. Разумовской (1935), но она считает более вероятной причиной образования врезанных меандр р. Губерли — сравнительно быстрое понижение базиса эрозии. Нам представляется более вероятной первая возможность, так как при полевых работах 1937 г. в западной половине площади Аккермановского железорудного месторождения были обнаружены верхнеплиоценовые континентальные субаквальные отложения, залегающие на значительных абсолютных высотах. Как уже отмечалось нами (Теодорович, 1939<sup>1</sup>), эти находки указывают на очень молодые поднятия данной части восточного склона Южного Урала.

### Стратиграфия и литология района

На закартированной площади района Аккермановского железорудного месторождения (см. фиг. 9 на стр. 400) развиты, с одной стороны, палеозойские породы, служащие фундаментом железорудной толщи и представляющие таким образом подрудную толщу, с другой стороны — юрские рудоносные образования и, кроме того, кайнозойские отложения, составляющие уже надрудную толщу.

На площади самого Аккермановского железорудного месторождения и в его ближайших окрестностях наблюдались (снизу вверх):

1. Подрудная толща: а) средний девон ( $D_2$ ), б) франкий ярус ( $D_3^1$ ),

<sup>1</sup> Находится в 2 км к северу от северной границы закартированной площади.

в) фаменский ярус ( $D_3^2$ ), г) слои Etroeungt ( $C_1^{etr}$ ), д) турне ( $C_1^t$ ),  
е) визе ( $C_1^v$ ), ж) намюр ( $C_{1-2}^{nam}$ ).

II. Железородная толща и замещающие ее нерудные образования ( $J_1$ ).

III. Надрудная толща: а) континентальный верхний плиоцен ( $Pl_3^t$ ),  
б) четвертичные отложения.

### Палеозойская толща

Среднедевонские отложения ( $D_2$ ). Выходы пород среднего девона, представленного кремнистыми и глинисто-кремнистыми породами, эффузивами и их туфами, определяли в основном западную и южную границы закартированной нами площади, которую они опоясывают с запада и юга. Нам приходилось иметь дело главным образом лишь со стратиграфически-верхней частью этих отложений, которые, по наблюдениям Е. В. Воиновой (1935), представлены в западной полосе ее исследований пестрыми кремнистыми породами, лежащими на альбитофирах и их туфах. М. Г. Шишулина (1938) указывает, что пестрые кремнистые породы  $D_2$  в бассейне р. Разбойки «чередуются с плотными или также разрушенными зелеными туфами».

Силициты среднего девона обладают зеленой, пятнистой (зеленой и красной), зеленовато-серой, серовато-бурой, желтовато-серой и светлосерой окраской. Среди изученных под микроскопом пород верхней части  $D_2$  констатированы силициты и кремнисто-глинистые породы, содержащие большее или меньшее количество остатков радиолярий. Кремнезем основной массы этих пород кристаллический.

Франский ярус ( $D_1^1$ ) сложен силицитами и кремнисто-глинистыми породами, общей мощностью около 75—100 м. Нижняя часть этих отложений, носящая переходный от  $D_2$  характер, представлена неслоистыми породами с прослоями тонкослоистых. Выше располагаются типичные для  $D_1^1$  слоистые и тонкослоистые (зачастую тонкоплитчатые) породы. Отложения франского яруса в виде непрерывной дуги опоясывают с запада и юга район железородного месторождения.

Типичные слоистые и тонкослоистые плитчатые силициты  $D_3^1$  обладают часто розовато- и фиолетово-серой окраской или зеленовато-серой и светлосерой. Типичные для  $D_3^1$  силициты представляют или радиоляриевые силициты с микрокристаллической связующей массой, или микрокристаллические силициты с перекристаллизованными остатками радиолярий; нередко наблюдается тонкая слоистость, обусловленная перемежаемостью этих двух типов образований. Перекристаллизованные остатки радиолярий сложены халцедоном.

Породы нижней части рассматриваемого комплекса отличаются преобладанием разностей с небольшим содержанием радиолярий. Здесь наблюдаются также микро- и скрыто-кристаллические силициты.

Кроме того, в строении  $D_3^1$  принимают участие светлосерые и зеленовато-серые глинистые микрокристаллические силициты с отдельными перекристаллизованными остатками радиолярий. Силициты франского яруса зачастую разбиты прожилками кристаллического кремнезема.

Фаменский ярус ( $D_2^3$ ) представлен известняками, частью почти лишенными макрофауны, частью же содержащими более или менее многочисленные климении и гониатиты<sup>1</sup> (*Sporadoceros münsteri* В u с h).

<sup>1</sup> Е. В. Воинова отмечает находку среди пород  $D_3^2$  левого берега р. Топкой банки брахиопод (*Liorhynchus baschkiricus* Tschern.).

Известняки желтовато-розовато- и зеленовато-серые, светлосерые, беловатые и розовато-белые. Некоторые разности обнаруживают сходство с так называемыми «сростковидными» известняками  $D_3^2$  западного склона Южного Урала (фашиа известняков с гониатитами). Местами, в основании известняков фаменского яруса, констатируется пачка розовых известняков, отнесение которых к  $D_3^2$  является условным, так как руководящая фауна в них не найдена. Мощность фаменских пород около 40 м. В известняках  $D_3^2$  местами наблюдаются неправильной формы, частью прожилковидные, участки, сложенные доломитом.

Фаменские известняки в виде узкой ленты окаймляют наше месторождение с юга. В месте дугообразного изгиба палеозойских пород они, вместе с появлением надвига, постепенно исчезают с дневной поверхности и отсутствуют по всей западной периферии месторождения, где наблюдается меридиональная линия надвига. Уже значительно севернее, в районе Известкового дола, полоса  $D_3^2$  вновь выходит на дневную поверхность в виде ясно выраженной в рельефе меридиональной гряды. В юго-восточной части закартированной площади по левому берегу р. Разбойки известняки  $D_3^2$  ( $C_1^{etr} + C_1^{t1}$ ) обнажаются в виде небольших гребешков.

Розовые известняки низов  $D_3^2$  (?) являются микрозернистыми, частью перекристаллизованными известняками с многочисленными перекристаллизованными остатками остракод, с отдельными обломками иглокожих, трилобитов и ближе неопределимых раковин.

Выше описанных известняков наблюдались неоднородно окрашенные желтовато- и розовато-серые и серые с зеленоватым оттенком сростковидные известняки. Под микроскопом это органогенно-обломочный остракодовый известняк с микрозернистым, частью перекристаллизованным цементом с органогенным шламмом (микродетритусом). Местами наблюдается переход породы в водорослевый известняк, а также в микрозернистый, частью перекристаллизованный известняк с остатками остракод.

Интересны зеленовато-серые плотные известняки нижней половины  $D_3^2$ , содержащие серые сростковидные участки. Микроскопически среди этих известняков различаются два типа: микро- и очень мелкозернистые (или очень мелкозернистые) известняки с многочисленными перекристаллизованными остатками остракод и органогенно-обломочные остраковидные известняки.

В обоих типах этих известняков содержится небольшое количество неравномерно рассеянного микрозернистого пирита (точечные и очень мелкие включения). Отдельные неправильной формы участки породы иногда пронизаны светлозеленоватым (в шлифе) микрочешуйчатым хлоритовидным минералом.

Известняки  $D_3^2$  с более или менее многочисленными гониатитами и климениями под микроскопом дают различную картину. В одних случаях мы видим цефалоподовый известняк с остракодами, содержащий неправильной формы участки очень мелкозернистого карбоната. В других случаях наблюдается значительно перекристаллизованный (очень мелко- и микрозернистый) известняк с остатками остракод, переходящий в остракодовый известняк с мелкими остатками иглокожих и органогенным шламмом. В некоторых случаях мы имеем детритусовый остракодовый известняк с микро- и очень мелкозернистым цементом;

встречаются также обломки каких-то перекристаллизованных раковин, отдельные членики криноидей и отдельные сечения типа *Chlorellopsis*.

Фаменские известняки могут рассматриваться как типичные известковые осадки открытого моря. Нормальный газовый режим, понимая под ними доступ  $O_2$  в придонные части воды, устанавливается для большинства этих известняков по наличию остатков иглокожих. Пиритизация, констатированная в некоторых разностях известняков  $D_3^1$ , могла происходить в более глубоких горизонтах осадка, уже перекрытых новыми порциями его.

Н и ж н и й к а р б о н ( $C^1$ ). Верхнедевонские отложения в полосе, располагающейся к югу от месторождения (где нет надвига), постепенно сменяются согласно пластующимися с ними нижнекаменноугольными породами. Среди последних на основании литологических признаков и микро- и макрофауны можно выделить следующие комплексы (снизу вверх): 1) известняки основания нижнего карбона ( $C_1^{etr} + C_1^t$ );

2) известняково-кремнисто-глинистая толща турне-визе ( $C_1^{t_2} + C_1^{t_3} + C_1^{v_1}$ )

3) толща известняков визе ( $C_1^{v_{2+3}}$ ) и отчасти намюра ( $C_{1-2}^{nam}$ ).

1. Известняки основания нижнего карбона ( $C_1^{etr} + C_1^t$ )  
В основании нижнего карбона района наблюдаются светлосерые, желтовато-серые и светлые желтовато-серые известняки, в некоторых прослоях криноидные или с члениками криноидей и брахиоподами, лежащие согласно и без перерыва на фаменских известняках. Встречаются обломочные известняки (брекчиевые, конгломератовые и песчаниковые). Общая мощность этих известняков около 15 м.

Ни Е. В. Воиновой, ни нами не была найдена фауна в нижней части этих известняков, но в несколько более высоких их горизонтах нами были встречены брахиоподы, определенные В. Н. Крестовниковым как *Spirifer medius* Le B., *Productus (Waagenoconcha) nummularis* Winch. Эта фауна, по мнению В. Н. Крестовникова, носит характер верхов слоев *Etroeungt* или переходной зоны от них к низам турне.

В верхней половине описываемых известняков Е. В. Воиновой (1935) найдены: *Productus ex. gr. serireticulatus* Mart., *Prod. ex. gr. mesolobus* Sow., *Prod. laevicostus* White, *Orthotetes crenistrea* Phill и др.

На основании выявленных комплексов фораминифер, Д. М. Раузер-Черноусова (Крестовников и Раузер-Черноусова, 1938) усматривает в описываемых известняках, с одной стороны, представителей слоев *Etroeungt* и, с другой стороны, самые низы турне.

Известняки  $C_1^{etr} + C_1^t$ , как и фаменские, наблюдаются к югу от месторождения в виде узкой широтной полосы.

Для изученных известняков  $C_1^{etr}$ , по Д. М. Раузер-Черноусовой, характерны: *Endothyra communis* Raus. и *End. primaeva* Raus.

Среди микроскопически изученных известняков ( $C_1^{etr}$ ) преобладающим типом являются детритусово-водорослевые известняки, некоторые разности которых, при значительном содержании фораминифер или обломков известняка, получают название обломочно-детритусово-водорослевых или фораминиферо-детритусово-водорослевых. Кроме того, имеются детритусовые известняки с фораминиферами. В составе этих известняков преобладает цементируемый материал, представленный остатками водорослей, обломками члеников криноидей, раковин замковых брахиопод и остракод, обрывками мшанок и отдельными остатками фораминифер.

Особо отметим песчано- (водорослево)-криноидные значительно перекристаллизованные известняки, иногда доломитовые.

Обломочные разности детритусово-водорослевого известняка содержат комочки микрозернистого  $\text{CaCO}_3$ , видимо развившегося (в результате жизнедеятельности водорослей) по остаткам члеников криноидей, а главное псефитовые (и песчаные) частицы, вероятно внутрислоевого происхождения, в виде полукатанных желваков и комочков водорослевого известняка или обломков их.

Известняки низов турне ( $C_1^{t_1}$ ), помимо ранее приведенной фауны брахиопод (Воинова, 1935), характеризуются, по Д. М. Раузер-Черноусовой, наличием из фораминифер — *Hyperammina elegans* R a u s. et Re i t l. и *Endothyra* sp.

При микроскопическом изучении среди известняков  $C_1^{t_1}$  обнаружены типы, близкие к таковым известняков  $C_1^{etr}$ .

Известняки основания нижнего карбона ( $C_1^{tr} + C_1^{t_1}$ ) представляют здесь типичные морские осадки. Наличие прослоев криноидных известняков, обилие местами разнообразных замковых брахиопод, присутствие фораминифер и обломочных внутрислоевых частиц указывают на то, что осадки отлагались в условиях не только незатрудненного, но даже обильного доступа кислорода в придонные части воды. В то же самое время известняки основания  $C_1$  несут ясно выраженные черты мелководности — обилие синезеленых водорослей *Chlorellopsis*, наличие остатков *Cirvanella*, иногда *Nubecularites*<sup>1</sup>, присутствие трубчатых сифонниковых водорослей семейства *Dasicladacia* (рода *Antracoporella*<sup>1</sup>), интенсивная перфорированность водорослями большого количества органогенных обломков.

2. Известняково-кремнисто-глинистая толща турне-визе ( $C_1^{t_2} + C_1^{t_3} + C_1^{v_1} = C_1^{t_2-v_1}$ ). Е. В. Воинова (1935) подразделила турне района на две свиты: а) нижняя — известняки и кремнистые породы (юг) или (на севере) опоковидные породы с прослойками окремнелых известняков; б) верхняя — песчанистые известняки с «включениями темных кремнистых пород». Кроме того, Е. В. Воинова отмечала, что стратиграфически наиболее низкие слои визе также представлены песчанистыми известняками, содержащими местами — как и аналогичные породы турне — брахиоподы. М. Г. Шишулина (1938) принимает обратную последовательность в строении толщи турне.

Согласно нашим наблюдениям, разрез описываемой толщи, отвечающей большей части турне и нижней части визе, представляется гораздо более сложным; в составе его принимают участие силициты (радиоляриевые, спонгиевые и др.), сланцеватые и листоватые глинистые породы, песчанистые известняки и местами нацело окремнелые первоначально известковые отложения, превратившиеся в силициты с реликтовой органогенной структурой (Теодорович, 1935<sub>2</sub>).

В разрезе описываемой известняково-кремнисто-глинистой толщи турне-визе силициты встречаются не в одном, а в нескольких горизонтах ее; то же самое относится и к песчанистым известнякам. Здесь же следует отметить, что в указанных горизонтах (комплексах) те или другие породы обычно перемежаются с глинами. Таким образом, можно говорить, с одной стороны, о пачках (комплексах) известковистых глин и песчанистых известняков, и, с другой стороны, о пачках (комплексах) темносерых и черных кремнистых и глинистых пород.

Общая мощность известняково-кремнисто-глинистой толщи турне-визе вероятно около 125—150 м. Описываемые отложения в виде дуго-

<sup>1</sup> Определены В. П. Масловым.

образной ленты непосредственно окаймляют Аккермановское железорудное месторождение с юга, юго-запада и запада, причем местами (по окраинам месторождения) констатировано залегание железных руд на выветрелых породах визейской части рассматриваемой толщи.

Микрофауна фораминифер, так же как и макрофауна брахиопод и кораллов, устанавливает турне-визейский возраст описываемых пород. Д. М. Раузер-Черноусова выделила три комплекса фораминифер в пределах данной толщи: 1) среднетурнейский — *Endothyra* sp., *Spirillina* aff. *irregularis* Moell.; 2) верхнетурнейский — *Endothyra* sp., *Spirillina* sp., (эндотиры верхнетурнейского типа); 3) нижневизейский — весьма богатый микрофауной фораминифер.

Действительно, из пород визейской части известняково-кремнисто-глинистой толщи турне-визе (с *Gigantella tulensis* Volk h. mut. *praecora* Volk h. *Productus* cf. *maximus* M. М'С оу<sup>1</sup>) Д. М. Раузер-Черноусовой определены следующие фораминиферы: *Hyperammia elegans* Raus. et Reitl., *H. vulgaris* Raus. et Reitl., *Archaediscus* aff. *krestovnikovi* Raus., *Arch ex gr. karreri* Brady., *Arch ex gr. baschkiricus* Krest. et Teod., *Ammodiscus* sp., *Tetrataxis eominima* Raus., *Valvulinella youngi* Brady., *Endothyra* ex gr. *globulus* Eichw., *End.* ex gr. *similis* Raus. et Reitl., *End.* ex gr. *omphalota* Raus. et Reitl. ex gr. *crassa* Brady.

По поводу этого списка Д. М. Раузер-Черноусова замечает: «Интересно отметить нахождение *Valvulinella youngi*, известной только из нижнего карбона Англии, присутствие форм близких к казахстанским (*Archaediscus krestovnikovi*, *Tetrataxis eominima*) и специфического богатого комплекса эндотир. Эти признаки делают эту визейскую фауну непохожей на таковую западного склона Урала и Русской платформы».

Не останавливаясь на описании отдельных типов пород известняково-кремнисто-глинистой толщи турне-визе, тем более, что это уже сделано нами в другом месте, приведем лишь характеристику условий образования данной толщи.

Турнейская часть рассматриваемой толщи представлена силицитами, песчанистыми известняками и глинистыми породами, которые группируются в два основных типа комплексов (повторяющихся в разрезе):

а) Темносерые и черные слоистые или тонкослоистые радиоляриевые силициты, перемежающиеся с темноокрашенными сланцеватыми глинистыми породами, лишенными  $\text{CaCO}_3$ ;

б) Серые (обычно от выветривания желтовато-серые) песчанистые известняки, перемежающиеся со сланцеватыми известковистыми глинами.

Породы кремнисто-глинистых комплексов турне характеризуются темной окраской, вызванной рассеянной примесью пигментирующего органического вещества, отсутствием  $\text{CaCO}_3$  и в частности известковых органогенных остатков, обилием остатков радиолярий в кремнистых породах. Тонкая слоистость, свойственная темным силицитам, вероятно обусловлена в основном сезонными колебаниями условий седиментации. Отсутствие в комплексах темных силицитов и глин донной фауны с кремнистым скелетом<sup>2</sup> (кремнистых губок) заставляет нас думать, что условия их образования характеризовались недостатком кислорода в придонных частях воды. Последним обстоятельством хорошо объясняется сохранение в темных силицитах тонкой слоистости (отсутствие илоядных бентальных организмов и волнений придонной воды), отсутствие бентальных организмов и обилие видимо планктонных радиолярий.

<sup>1</sup> Определения В. Н. Крестовникова.

<sup>2</sup> Отсутствие донной — и вообще — фауны с известковистым скелетом само по себе непоказательно, так как весь  $\text{CaCO}_3$  (органогенный и всякий другой) при известных величинах pH растворяется.

Отсутствие известкового материала, вероятно, объясняется относительно низкими величинами рН придонной части воды и осадка, не достигавшими благоприятных для кальцита значений. Отсутствие среди пород темных кремнисто-глинистых комплексов силицитов с реликтовой структурой является косвенным доказательством того, что  $\text{CaCO}_3$  отсутствовал в этих отложениях с момента их возникновения, т. е. изначально.

Известняково-глинистые комплексы турне сложены в основном песчанистыми известняками, перемежающимися с известковистыми глинами. Песчанистые известняки характеризуются разнообразной фауной (фораминиферы, членики криноидей, замковые брахиоподы, иглы морских ежей, обрывки мшанок, остатки остракод и редко *Asteroides* и др.) и относительно небольшим содержанием терригенного обломочного материала. Известковистые глины  $\text{C}_1^{12+13}$  местами содержат членики криноидей, замковые брахиоподы и одиночные кораллы. Таким образом известково-глинистые комплексы характеризуются обилием  $\text{CaCO}_3$  и разнообразной донной фауной; очевидно, что они отлагались в условиях обильного доступа кислорода в придонные части воды и при более высоких величинах рН (донной воды и осадка), достигавших оптимальных для кальцита значений. Вероятно, наличие песчаных терригенных частиц в известняках как раз и связано, по крайней мере частично, с большей подвижностью вод. Наоборот, терригенные песчанистые частицы отсутствуют в темных силицитах. Определенно говорить о сравнительных глубинах отложения одного и другого типов комплексов трудно. Во всяком случае песчанистые известняки (и, вероятно, известковистые глины) представляют, — судя по обилию и разнообразию детритуса, наличию остатков разнообразных синезеленых водорослей и перфорированности ряда обломков раковин брахиопод и иглокожих, — относительно мелководные морские отложения.

В породах обоих комплексов содержатся рассеянные гидроокислы железа, развившиеся, видимо, вторично по пириту, остатки которого кое-где сохранились.

Пирит представляет, видимо, диагенетическое образование, возникавшее в известковистых комплексах в нижних горизонтах осадка. В этих (известковистых) комплексах в результате вторичного разложения пирита появлялся гипс, а в других — неизвестковистых — возникал ярозит.

Отложения промежуточного характера, между таковыми двух рассмотренных типов комплексов, очевидно возникали в промежуточных условиях.

Породы визейской части толщи  $\text{C}_1^{12-11}$ , несмотря на сходство типов их по составу с породами турне, обладают и отличительными признаками. Здесь также наблюдается два основных типа комплексов: а) кремнисто-глинистый; б) известняково-глинистый.

Силициты  $\text{C}_1^{11}$  в основном отличаются от турнейских своей светлой окраской и структурой. Мы здесь видим слоистые или тонкослоистые спонгиозные силициты и микрокристаллические силициты со спиккулами губок, а также силициты с реликтовой структурой. Силициты первых двух групп, характеризующиеся и светлой окраской и обилием спиккулярных силицитов, в условиях доступа  $\text{O}_2$  в придонные части воды. Отсутствие известкового материала в спонгиозных силицитах и таковых второй группы скорее всего первичное, так как не удалось найти в них участков с реликтовой структурой. Изначальное отсутствие известковых остатков организмов вероятно определялось соответствующими величинами рН придонной воды. Тонкослоистая текстура многих из этих отложений вероятно отражает главным образом сезонные изменения в условиях седиментации.

Силициты  $\text{C}_1^{11}$  с реликтовой структурой (фораминиферо-детритусовой, фораминиферовой или неясной органогенной) указывают на перемещения

$\text{SiO}_2$  и замещение им первоначально известковых отложений, по своей структуре и, вероятно, условиям образования сходных со слабopесчанистыми известняками турне, т. е. возникавших при более или менее обильном доступе  $\text{O}_2$  в придонные части воды.

Известняки  $\text{C}_1^{v_1}$ , — в силу обилия и разнообразия детритуса донных форм, наличия зообентальных организмов с известковым скелетом (замковые брахиоподы, криноидеи) и спикул кремнистых губок, присутствия перекристаллизованных остатков трубчатых донцеллоидных водорослей, различных синезеленых водорослей (*Girvanella*, *Chlorellopsis*, ближе неопределенных), представителей сифонниковых водорослей *Calcifolium* Schwetz, а также в виду перфорированности некоторых органогенных обломков, — представляют морские (обилие разнообразных фораминифер и др.) относительно мелководные отложения, характеризующиеся достаточно обильным доступом  $\text{O}_2$  в придонные воды. В отличие от песчаных и алевроитовых известняков турне, известняки  $\text{C}_1^{v_1}$  обычно не содержат обломочных частиц кварца<sup>1</sup>.

Если не принимать в расчет самой нижней части  $\text{C}_1^{v_1}$ , тождественной с турнейской частью толщи  $\text{C}_1^{t_2-v_1}$ , можно усмотреть следующие различия в условиях образования пачек  $\text{C}_1^{t_2+t_3}$  и  $\text{C}_1^{v_1}$ :

а) Турнейские отложения толщи  $\text{C}_1^{t_2-v_1}$  представлены двумя типами комплексов, из которых один (темные тонкослоистые силициты и лишенные  $\text{CaCO}_3$  глинистые породы) возникал в условиях недостатка кислорода в придонных частях воды (отсутствие бентоса, особенно важно с кремнистым скелетом) и при величинах рН, не достигавших благоприятных для  $\text{CaCO}_3$  значений. Осадки другого комплекса (песчаных известняков и известковистых глин) отлагались, наоборот, в условиях обильного доступа  $\text{O}_2$  в придонные части воды и при величинах рН, достигавших оптимальных для кальцита значений.

б) Визейские отложения толщи  $\text{C}_1^{t_2-v_1}$  также представлены в основном двумя типами комплексов, которые, однако, оба накапливались в условиях хотя и различного, но достаточного для жизни бентоса доступа кислорода в придонные части воды. Один тип этих комплексов (светлые силициты и глинистые породы) отлагался, видимо, при величинах рН, не достигавших благоприятных для кальцита значений, так как отсутствие в светлых силицитах донной фауны с известковым скелетом не может быть объяснено недостатком кислорода в придонных водах (отсутствуют вообще остатки фауны с известковым скелетом). Осадки другого типа комплексов  $\text{C}_1^{v_1}$  (перемежающиеся известняки и известковистые глины) отлагались в условиях, более или менее близких к таковым соответствующих комплексов  $\text{C}_1^{t_2+t_3}$ .

Таким образом мы можем говорить минимум о трех фациях (основных) в составе известняково-кремнисто-глинистой толщи  $\text{C}_1^{t_2-v_1}$ .

3. Известняки визейского яруса ( $\text{C}_1^{v_2-3}$ ). Принадлежность каменноугольных известняков окрестностей Хабаровского к визейскому ярусу нижнего карбона была установлена М. Э. Янишевским (1910—1911), который относил к визе как известняки, развитые по оврагам Ключики и Отножка, так и таковые Известкового дола. Е. В. Воинова (1935) точно так же всем этим известнякам приписывала визейский возраст, подразделив их на пять пачек с общей мощностью около 220—230 м.

Как показало изучение толщи известняков, залегающих стратиграфически выше отложений  $\text{C}_1^{t_2-v_1}$ , на закартированной площади Аккермановского железорудного месторождения действительно развиты в основном визейские отложения. Однако, в северо-западной части этой пло-

<sup>1</sup> В нижних горизонтах  $\text{C}_1^{v_1}$  встречены песчаные известняки, аналогичные турнейским.

щади в забоях некоторых дудок разведки 1938 г. встречены известняки типа намюра и, быть может, низов башкирских слоев (см. ниже).

Обычно констатируются верхние и, вероятно, средние горизонты визе ( $C_1^{2-3}$ ), содержащие *Productus (Striatifera) stritus* Fisch. (первые) и гигантеллы (вторые).

Еще М. Э. Янишевский (1910—1911) усматривал среди известняков визе данного района две части: нижнюю — с *Productus ex gr. giganteus* и верхнюю — с большим количеством *Productus striatus* Fisch. Е. В. Воинова (1935) указала, кроме того, что в переходной зоне между этими двумя горизонтами и те и другие формы встречаются совместно. Верхние горизонты визе местами богаты фауной, списки которой приведены в работе Е. В. Воиновой (1935). Из визейских известняков ( $C_1^{2+3}$ ) Д. М. Паузер-Черноусовой были определены: *Ammovertella* sp., *Hyperammia vulgaris* Raus. et Reith., *Endothyra cf. bowmani* Phill., *Staffella (Eostaffella) aff. parastruei* Raus., *St. (Eostaffella) ex gr. prisca* Raus., *Archaediscus ex gr. baschkiricus* Krest. et Teod. Как указывает Д. М. Паузер-Черноусова, эта визейская микрофауна отличается от ранее приведенной присутствием *Eostaffella*, представляя «возможно более молодые отложения». Стратиграфические соотношения и макрофауна с полной очевидностью позволяют сделать это заключение.

Известняки визе (+ намюр?) представляют в основном тот фундамент, на котором и между выступами которого располагается юрская железорудная толща. Известняки эти образуют небольшие островки и два более крупных выступа (западный и восточный массивы), окруженные рудными отложениями. Кроме того, имеется целый ряд подземных бугров известняка, не выходящих на дневную поверхность.

Визейские (+ намюрские) известняки служат объектом добычи, и в западной части месторождения среди них заложен и работает большой карьер.

Среди микроскопически изученных пород известняковой толщи (частично отвечающих и намюру?) встречены следующие типы.

#### А. Известняки.

I. Биоморфно-детритусовые известняки: 1) криноидные; 2) детритусовые (смешанные); 3) детритусово-фораминиферовые и водорослево-фораминиферовые; 4) смешанной структуры.

I—II. Микрозернистые известняки с органогенными остатками.

II. Зернистые известняки: 1) очень мелкозернистые; 2) типичные яснозернистые; 3) неоднороднозернистые.

III. Обломочные известняки: 1) конгломератовые (вторично-брекчированные); 2) песчаниковые.

Б. Доломитовые известняки.

В. Силициты (довольно редкие).

Известняки, известняковой толщи карбона месторождения, представляют типичные морские относительно мелководные осадки, так как среди них обильно представлены детритусово-фораминиферовые, детритусово-фораминиферо-водорослевые и т. п. известняки. Кроме того, в верхней части рассматриваемой толщи встречены типичные конгломератовые известняки, а также отмечались и песчаниковые известняки, в которых кластический материал представлен обломками известняков. Детритус отличается большим разнообразием, так как принадлежит иглокожим (членикам криноидей, *Asterioidea*), мшанкам, замковым брахиоподам, остракодам, трубчатым донещелловидным водорослям, иногда пеллециподам и гастроподам. Кроме того, содержатся многочисленные остатки фораминифер, остатки синезеленых водорослей *Chlorellopsis* и *Girvanella (G. ducii* Weth.), остатки сифонниковых водорослей *Calcifolium* Schwetz, целые раковины замковых брахиопод, остракод, пеллеципод и гастропод. Отмечены отдельные прослои криноидного известняка.

Все приведенные факты говорят за типично морской открытый характер бассейна и нормальную соленость его, за обильный (обычно) доступ  $O_2$  в придонную часть воды, а также указывают на относительно небольшие глубины.

Известняки намюра (?) ( $C_{1,2}^{nam}$ ), установленные Д. М. Раузер-Черноусовой по микрофауне фораминифер, встречены в некоторых шурфах северо-западной части Аккермановского железорудного месторождения в виде глыб, вероятно коренных, на которых прекращалась проходка выработок разведки 1938 г. Д. М. Раузер-Черноусова определила отсюда следующие фораминиферы: *Ammovertella* sp., *Globivalvulina* sp., *Archaeodiscus* ex gr. *baschkiricus* Krest. et Teod., *Parastaffella ostruvei* Moell., *Staffella* (*Eostaffella*) cf. *pseudostruvei* Ra. u. s. et Bel., *S.* (*Eostaffella*) aff. *antiqua* Dutk., *S.* ex gr. Dutk., *Endothyra* sp.

По мнению Раузер-Черноусовой микрофауна фораминифер носит характер самой верхней части серпуховской свиты. Заключающая микрофауну порода представляет детритусово-фораминиферовый известняк.

Кроме этих известняков, в той же северо-западной части месторождения, в некоторых других (соседних) шурфах разведки 1938 г. встречены светлосерые микрослоистые известняки, весьма сходные, по нашим наблюдениям, с такими же известняками Известкового дола (в 2 км к северу от закартированной площади). В непосредственном стратиграфическом соседстве с последними там установлены известняки с *Staffella antiqua* Dutk.,<sup>1</sup> относящиеся, вероятно, к низам башкирских слоев среднего карбона. К отложениям того же, примерно, возраста принадлежат, вероятно, и микрослоистые известняки Известкового лога и, видимо, подобные им из северо-западной части месторождения.

### Древняя кора выветривания

На значительной площади восточного склона Южного Урала, лежащей почти непосредственно к северу от закартированного нами участка, широкое развитие древней коры выветривания было установлено П. Л. Безруковым и А. Л. Яншиным (1934). При более детальных съемочных работах (1:50000), проведенных Блявинской геологической группой ЦНИГРИ в 1934 г. в Орском Урале, описаны различные типы этих образований. Тот континентальный период, который в нашем районе существовал на длительном отрезке времени с конца палеозоя и до юры, конечно, должен был сопровождаться выработкой какого-то рельефа древних и палеозойских толщ, на который впоследствии легли юрские рудные осадки.

Вероятно главным образом в триасовое, а отчасти в нижнелейасовое время,<sup>2</sup> на успевшей достаточно сгладиться стране шло формирование древней коры выветривания. В районе нашей съемки древняя кора выветривания распространена не повсюду и представлена неодинаково; что объясняется, в основном, тремя причинами: а) особенностями химико-минералогического состава и строения выветрившихся палеозойских пород; б) характером дислоцированности их или вообще нарушенностью

<sup>1</sup> Определения Д. М. Раузер-Черноусовой.

<sup>2</sup> Согласно П. Л. Безрукову и А. Л. Яншину (1934), «время накопления древнего элювия, повидимому, соответствовало концу триаса и началу лейаса». А. В. Хабаков отстаивает до-юрский возраст коры выветривания Южного Урала (1935<sup>1,2</sup>), считая, на основании мнений палеоботаников (А. Н. Криштофович), что во время накопления континентальных юрских отложений (включая и нижнеюрские) климат был уже более умеренным (Хабаков, 1935<sup>2</sup>). Следует, однако, заметить, что флора, о которой, видимо, идет речь, не могла быть древнее верхнего лейаса. Соглашаясь с А. В. Хабаковым, что в составе юры района известны известковые отложения, которые местами образуют мощные пачки конгломератов и песчаников с кальцитовым цементом, — необходимо указать, что эти последние относятся ко второй толще юры (так называемой «зирен-агачской»), имеющей, вероятно, среднеюрский возраст.

залегания; в) позднейшим размывом, уничтожившим значительные участки древней коры выветривания.

Первая причина обуславливает развитие мощной коры выветривания на серпентинитах (к западу за пределами нашей съемки) и меньшую мощность ее на других породах, в частности и на кремнистых породах и известняках. Впрочем по отношению к последним это замечание верно лишь постольку, поскольку речь идет об образовании *in situ* при древнем поверхностном выветривании особой верхней элювирированной зоны их. Вообще же древнее поверхностное выветривание известняков обычно сопровождалось развитием на них карста, который, конечно, не мог ограничиваться лишь самой верхней поверхностью известнякового массива, а распространялся и вглубь, вплоть до нижележащих водонепроницаемых пород толщи  $C_1^{2-v_1}$ .

С другой стороны, на мощность и характер развития коры выветривания должна была влиять тектоника осадочных (палеозойских и древних) толщ или вообще нарушенное залегание их. Ясно, что увеличение трещиноватости пород и тем более раздробленность их, с одной стороны, и вертикальное или крутонаклонное положение их, особенно сопровождающееся разломами, с другой, способствовали развитию более мощной коры выветривания. Интересные факты, касающиеся древнего выветривания некоторых устойчивых пород в пределах раздробленных зон, можно найти в работе Е. В. Воиновой (1935). Однако мы не можем согласиться с той трактовкой коры выветривания, которая дается Е. В. Воиновой (1935) и А. В. Хабаковым (1935<sub>1</sub>) для района нашего месторождения, так как эти геологи рассматривают аккермановские железные руды как древний элювий и делювий палеозойских известняков. Все наши данные 1937 г. (Теодорович, 1938<sub>2</sub>) и 1938 г. говорят за то, что аккермановские железные руды представляют нормальные осадочные (отнюдь не остаточные) образования.

В северо-западном углу закартированной площади (и, видимо, вообще по западной периферии месторождения), где развиты породы  $C_1^{v_1}$  (силициты, глинистые силициты и глины), древним выветриванием силициты превращены в относительно рыхлые разности неоднородной окраски (беловатой и желтовато-беловатой). Замечено, что более выветрелые разности содержат в своем составе большее количество опала, вероятно вторичного. Выветриванием превращаются в относительно рыхлые массы не только силициты, содержащие спиккулы губок в большом (спонгиевые силициты) или заметном количестве, но и часть силицитов с реликтовой органогенной структурой. То же самое относится и к глинистым силицитам. В некоторых случаях с несомненностью установлено наложение на ранее выветрелые породы палеозоя гидроокислов железа и окислов марганца, выпавших из растворов, связанных с рудным телом. Такое происхождение имеют редко наблюдавшиеся маломощные оруденелые прослои  $C_1^{v_1}$ , превратившиеся в кремнисто-глинисто-железистую породу. Таким же путем глинистые породы толщи  $C_1^{v_1}$  в результате древнего поверхностного выветривания и позднейшего выпадения соединения Fe и Mn из растворов, связанных с железорудной толщей, изменяют несколько свой характер и приобретают розовато-красноватую окраску. По внешнему виду и свойствам многие из этих измененных пород настолько отличны от неизмененных, что лишь находки характерной микрофауны фораминифер<sup>1</sup> позволяют признать их за выветрелые и вторично окрашенные породы  $C_1^{v_1}$ .

Рудная толща ( $J_1$ ) залегает на карстированной поверхности известняков ( $C_1^{v_2+3} + C_{1-2}^{нам?}$ ). Таким образом, хотя карстовые явления на

<sup>1</sup> Фораминиферы найдены в отдельных прослоях силицитов (с реликтовой — иногда лишь местами сохранившейся — структурой), которые залегают в явно коренном виде среди розовато-красноватых глин или светлых марящихся силицитов.

изучавшейся площади могли иметь место в самые различные моменты ее геологической истории, значительное и вероятно наиболее интенсивное карстирование хабаринского — точнее аккермановского — каменноугольного известняка имело место до отложения рудной толщи, т. е. во время ранее указанного длительного континентального перерыва.

Однако наблюдения в ряде дудок Аккермановского железорудного месторождения позволяют думать, что процессы карстирования имели место и во время отложения рудной толщи (Теодорович, 1938<sub>2</sub>), видимо, и непосредственно вслед за ним и, вероятно, позднее. Естественно, что изменения климатических условий, а также сокращение площади известняков, непосредственно выходящих на дневную поверхность, в виду перекрытия их мезо-кайнозойскими образованиями, должны были сказываться на изменении характера карста, его интенсивности и площади распространения.

Карстовые явления местами, при благоприятных условиях, могли развиваться и на выветрелых породах  $C_1^{v1}$ .

### Мезо-кайнозойская толща

Юрские отложения на площади Аккермановского железорудного месторождения представлены железорудной толщей, среди которой наблюдаются линзовидные прослои низкосортных руд, переходных по составу к нерудным образованиям, и отдельные линзовидные прослои песков, алевритов и глин. На геологической карте месторождения юрские отложения занимают весьма значительную площадь, опоясанную с юга и запада дугой палеозойских пород.

Главную массу аккермановских железных руд составляют гидрогетит-хлоритовые и гидрогематит-гидрогетит-хлоритовые руды. Подчиненную роль играют марганцовистые разности обоих указанных типов руд. Мы рассматриваем аккермановские железные руды как (первично) нормальные осадочные субаквальные образования.

В рудной толще местами находились остатки флоры — *Cladophlebis* cf. *haibuiensis* L. et H. Как указывает Е. В. Воинова (1935), по мнению определявшего флору В. Д. Принады, вмещающие отложения имеют юрский возраст.

Нами летом 1938 г. в некоторых конкреционных образованиях среди железорудной толщи Аккермановского месторождения местами были найдены остатки флоры. В. Д. Принада определил отсюда следующие формы: *Hausmania* cf. *crenata* Nath., *Cladophlebis* sp. ex gr. *Cl. neblensis* (Brongn), *Neocalamites?* sp. ind. (отпечаток внутренней стенки), *Ginko* cf. *incisa* Eichw., *Phoenicopsis* sp., *Desmiophyllum* sp. (*Sphenobaira* vel. *Erethmophyllum*), *Pityophyllum angastifolium* (Nath.), *Pityophyllum* sp., *Pityophyllum* sp. cf., *P. dahurica* Ргуп. Эти определения В. Д. Принады подтверждают юрский возраст вмещающих флору отложений. В своем заключении В. Д. Принада пишет: «Большинство из определенных растений уже известно из Халиловского района или даже из других районов распространения хайбуллинской свиты на Южном Урале. Так, например, отсюда Кречетовичем приводились два вида *Hausmannia*. Растения очень фрагментарно представлены, и среди них не находятся такие формы, которые позволяли бы изменить представление о возрасте этой свиты».

Рудная толща располагается главным образом на весьма неровной поверхности известняков  $C_1^{v2+3}$  (и отчасти на породах  $C_1^{v1}$  и  $C_{1-2}^{nam?}$ ), обусловленной древним карстом, а также влиянием тектоники и размывом.

Поверхность известнякового фундамента имеет местами очень крутые склоны, иногда даже отвесные, в силу чего мощность руды подвергается резким колебаниям на небольших расстояниях; она местами

достигает 30 м и более. Самая верхняя часть известнякового фундамента, подстилающего рудную толщу, обычно содержит неправильной формы импреняции или выделения гидроокислов железа и окислов марганца.

В составе рудной толщи месторождения нами уже в 1937 г. местами констатированы особого типа брекчированные конкреционные участки (Теодорович, 1938<sub>2</sub>). Последние представляют местные брекчии, развивавшиеся в более твердых и одновременно менее пластичных участках рудной толщи в связи с карстового характера просадками известнякового фундамента. Цемент в этих брекчиях состоит из железистого хлорита и гетит-гидрогетита. Характер цемента позволяет думать, что явления просадок и некоторых оползаний имели место еще на дне бассейна в юрское время. Просадки известнякового фундамента подтверждаются также тем, что в отдельных местах, где известняковый фундамент имеет крутонаклонную поверхность, внутри рудной толщи иногда наблюдались единичные гальки и валуны вытянутой формы, находившиеся в вертикальном положении. На это же указывают местами наблюдавшиеся плоскости скольжения в более глинистых типах руд.

Все эти данные говорят за то, что имели место местные просадки (карстового характера) известнякового фундамента, уже перекрытого рудной толщей, которые происходили еще на дне бассейна в юрское время, а продолжались вероятно и позднее.

Рудная толща содержит прослой и линзы железистых глин, а местами нерудные юрские породы вклиниваются в рудную толщу в виде прослоев. Повидимому, к востоку происходит замещение рудной юры нерудными породами ее.

Безрудные юрские отложения типично представлены к северу от закартированной нами площади, в районе Известкового дола, на так называемом Северо-Аккермановском участке, лежащем к югу от пос. Старая Аккермановка. Здесь наблюдаются различно окрашенные (красные, розовые, серые и желтые) глины и светлоокрашенные алевролиты и пески, а также светлые кварцевые галечники с промежуточным песчано-алевритовым материалом. Последние переходят местами в светлоокрашенные пески.

Стратиграфически выше описанных нерудных пород юры залегают, по данным Е. В. Воиновой (1935), известковистые полимиктовые конгломераты и песчаники также юрского возраста. Эти породы не наблюдались на закартированной площади.

Тр е т и ч н ы е о т л о ж е н и я на закартированной площади представлены континентальным верхним плиоценом.

Плиоценовые отложения были обнаружены в 1937 г. в западной половине площади Аккермановского железорудного месторождения в Известковом карьере, где автором была собрана в основании серых глин, лежащих на железорудной толще или непосредственно на нижнем карбоне, фауна крупных пелеципод (Теодорович, 1939<sub>1</sub>). Обработка этой фауны А. Л. Яншиным, при консультации В. В. Богачева, показала что здесь присутствует *Unio moldaviensis* Н ö р г. и некоторые другие скульптивированные униониды нижних левантинских слоев пресноводного верхнего плиоцена.

Как выяснилось при наших работах 1938 г., континентальный верхний плиоцен распространен в западной части Аккермановского железорудного месторождения, где вырисовывается на геологической карте в виде ряда пятен. Плиоценовые пелециподы встречаются в основании серых глин, в прослое мощностью 0,5 м, обогащенном полимиктовым псефитовым материалом. Указанный прослой зачастую не содержит фауны и сложен в основной своей массе полукатанной и более или менее окатанной галькой и гравием и слабо окатанным щебнем и дресвой. Вышележащая основная часть разреза верхнего плиоцена слагает-

ся, главным образом, серыми, местами с зеленоватым оттенком, комковатыми глинами с мелкими буровато-желтыми пятнами, затем глинистыми алевролитами и песками, а также прослоями и линзами псефитового материала. Глины плиоцена содержат местами выделения грубопластинчатого гипса. Мощность плиоцена достигает 3 м и более.

В некоторых разрезах наблюдался постепенный переход серых алевроитовых глин плиоцена, в результате почвенно-поверхностного выветривания, в бурую породу типа суглинка с признаками лёссовидности в верхних частях (мелкие макропоры и некоторые другие). Как известно, еще Н. А. Богословский (1899) обратил внимание на аналогичные явления в области Восточно-европейской равнины, связывая их с поверхностным (степным) выветриванием. В силу указанного процесса почвенно-поверхностного выветривания плиоцен в ряде пунктов площади месторождения, где он был маломощен, мог быть нацело превращен в бурые породы типа суглинков, которым обычно приписывается четвертичный возраст.

Находка континентальных субаквальных отложений верхнего плиоцена в Орско-Халиловском районе представляет большой интерес, так как эти породы залегают на значительной высоте над р. Уралом (абс. высота подошвы плиоцена около 275 м) и таким образом свидетельствуют об очень молодых поднятиях данной части восточного склона Южного Урала (Теодорович, 1939<sub>1</sub>).

Четвертичные отложения на закартированной площади представлены бурыми, светлобурыми и красно-бурыми, обычно известковистыми породами типа суглинков и гипалевроитов (Теодорович, 1938<sub>1</sub>), отдельные линзовидные прослои которых обогащены грубообломочным полуокатанным материалом. Местами намечается расчленение этих отложений на две части: а) нижнюю, обогащенную линзовидными прослоями плохо окатанного и полуокатанного псефитового материала; б) верхнюю, сложенную главным образом известковистым алевроито-песчаным суглинком. Иногда наблюдались случаи залегания с размывом одних типов отложений на другие.

### Тектоника

К югу и юго-западу от Аккермановского железорудного месторождения известняки визе  $C_1^{v_2+v_3}$  последовательно сменяются известняково-кремнисто-глинистыми породами нижней части визе ( $C_1^{v_1}$ ) и большей (верхней и средней) части турне ( $C_1^{t_3}+C_1^{t_2}$ ), известняками  $C_1^{t_1}$ ,  $C_1^{etr}$  и  $D_2^1$ , <sup>1</sup> силицитатами франского яруса и таковыми среднего девона. Все эти породы располагаются концентрическими дугообразно изогнутыми полосами окаймляющими месторождение с юга и запада. К западу от этой дуги располагаются, с одной стороны, серпентиниты гарцбургитового типа и, с другой стороны, диабазы и спилиты; к югу от нее развиты плагиоклазовые порфириды и альбитофиры, а также диабазы, спилиты и мандельштейны (Воинова, 1935; Шишулина, 1938).

Вышеописанное дугообразное строение полос верхнего девона и нижнего карбона подтверждается замерами элементов залегания. В наиболее восточной части закартированного отрезка течения р. Разбойки простираение пород близко к широтному, а падение приблизительно на север, под углом 40—50°. Выше по течению р. Разбойки, по левому берегу ее, констатируется простираение ВЮВ—ЗСЗ с падением на ССВ под углом около 45°. Еще выше по течению, уже на левобережье р. Топкой, если следовать по полосе пород турне, можно наблюдать увеличение угла падения до 60—68°, сначала при том же направлении

<sup>1</sup> На западе — в зоне надвига — выпадают известняки ( $C_1^{t_1}+C_1^{etr}+D_2^1$ ).

падения, сменяющемся затем почти северо-восточным. Здесь близ перегиба дуги начинается более или менее меридиональная линия разлома, обуславливающая тектонический контакт пород турне ( $C_1^{t_2} + t$  непосредственно с  $D_3$ ). К востоку от самой северной закартированной точки этой линии разлома в породах толщи замерено падение почти прямо на  $3 \left[ \begin{array}{l} \cdot \\ \cdot \\ \cdot \end{array} \right. 75^\circ$ . Таким образом, по западной и юго-западной периферии месторождения породы известняково-кремнисто-глинистой толщи  $C_1^{t_2-v_1}$  обнаруживают крутое, вероятно моноклинальное падение, которое в районе изгиба дуги является нормальным, а в крайней северной части меридионального отрезка ее (в пределах месторождения) может рассматриваться предположительно<sup>1</sup> как опрокинутое. Интересно, что в первом пункте (в районе изгиба дуги) известняки  $D_1^2$ ,  $C_1^{etr}$  и  $C_1^t$  еще наблюдаются и линия разлома, видимо, здесь отсутствует или затухает, тогда как во втором пункте имеет место тектонический контакт пород ( $D_1^{t-v_1}$  и  $D_1^2$ ) с выпадением известняков ( $D_1^2 + C_1^{etr} + C_1^t$ ), т. е. ясно выраженная линия разлома. Из всего изложенного напрашивается предположение о том, что линия разлома развита там, где имеет место крутое опрокинутое залегание пород палеозоя. Если это заключение правильно, то сама линия разлома может рассматриваться или как древняя тектоническая линия, одновременная самому вариссийскому складкообразованию, или как дизъюнктивная дислокация более позднего времени, возможно развившаяся вдоль зоны, ослабленной еще вариссийским орогенезом. Нам думается, что возникновение разлома одновременно складкообразованию, но позднее могли быть подвижки вдоль той же плоскости. В указанных условиях сама подвижка может быть определена как надрив небольшой амплитуды.

В породах визе, располагающихся восточнее полосы крутого, повидимому, моноклинального падения, наблюдается относительно пологая, мелкая, как бы второго порядка складчатость. Выходы широко известных «хабаринских» каменноугольных известняков в их целом, видимо, намечают центральную зону синклинального понижения первого порядка. В западной части нашей геологической карты, в зоне контакта толщи каменноугольных известняков с известняково-кремнисто-глинистыми породами  $C_1^{t_2-v_1}$ , возможно имеется более или менее меридиональная (точнее северо-северо-западного простирания) древняя линия разлома, которая маскируется находящимися здесь юрскими и более молодыми отложениями (Теодорович, 1938<sub>2</sub>).

### Форма и условия залегания рудного тела

Рудное тело Аккермановского железорудного месторождения было оконтурено нами на основании геолого-разведочных работ 1932—1933 гг. и по данным некоторых разведочных выработок, пройденных в 1938 г.

Северо-западная, западная и юго-западная части контуров рудной залежи проведены сплошными линиями на основании разведочных данных. Восточные же границы рудной залежи оконтурены условно и проведены пунктирными линиями, так как никаких данных о рудной толще в этих местах не имелось.

Как показано на плане (фиг. 1), рудное тело имеет неправильную форму. Северная часть залежи расположена между разведочными линиями 8 и 11. Она вытянута в широтном направлении почти на 2 км при средней ширине около 0.5 км. С юга в эту часть залежи вдается многообразный выступ известнякового массива. В пределах рудного поля мы видим участки, лишенные железных руд. Один из них находится

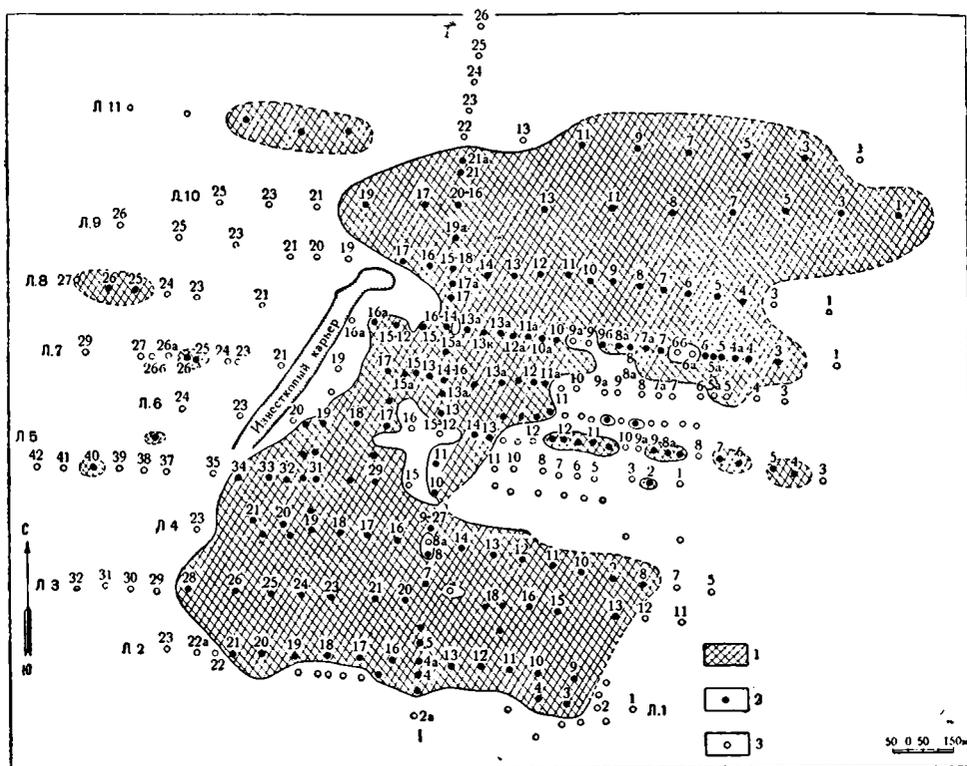
<sup>1</sup> Поскольку это заключение базируется на замере элементов залегания лишь в одном шурфе и может оказаться несостоятельным в случае установления крутой мелкой складчатости в породах  $C_1^{-v_1}$ .

по линии 8, другой по линии 4. Оба они представляют собой выступающие на поверхность выходы известняков.

Южная часть залежи имеет в грубых чертах форму прямоугольника, вытянутого в широтном направлении почти на 1.5 км при ширине в среднем около 0.5 км.

Средняя часть залежи вытянута в меридиональном направлении и служит как бы перемычкой между двумя указанными выше частями залежи. Ширина этой средней части залежи составляет около 0.5 км, длина около 0.7 км. Здесь также среди рудного поля имеются выходы известняков, которые показаны на плане в виде отдельных нерудных участков. Размеры их составляют в среднем около 150×50 м.

Кроме этой главной рудной залежи имеется еще ряд отдельных небольших рудных тел, которые находятся в разных направлениях от

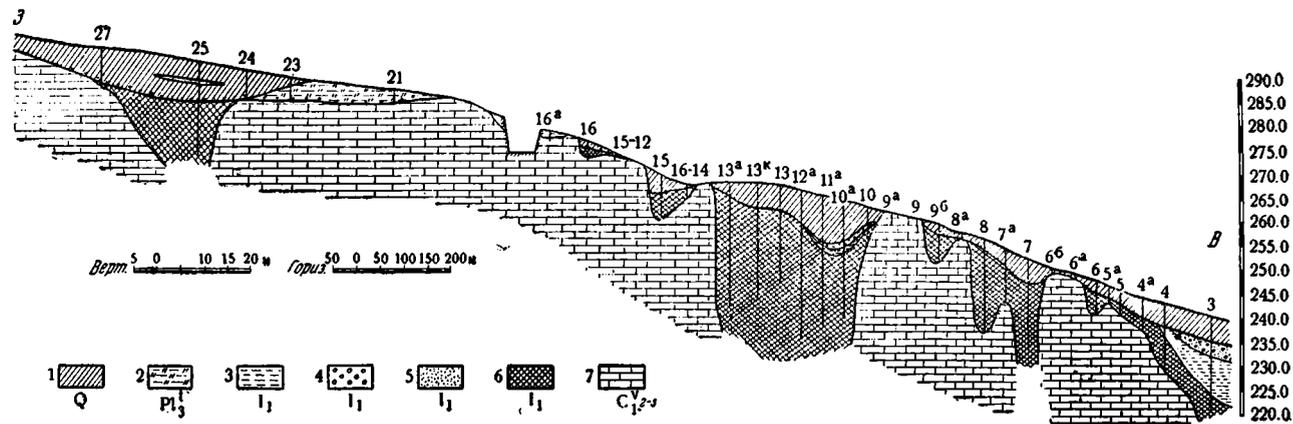


Фиг. 1. План рудной залежи

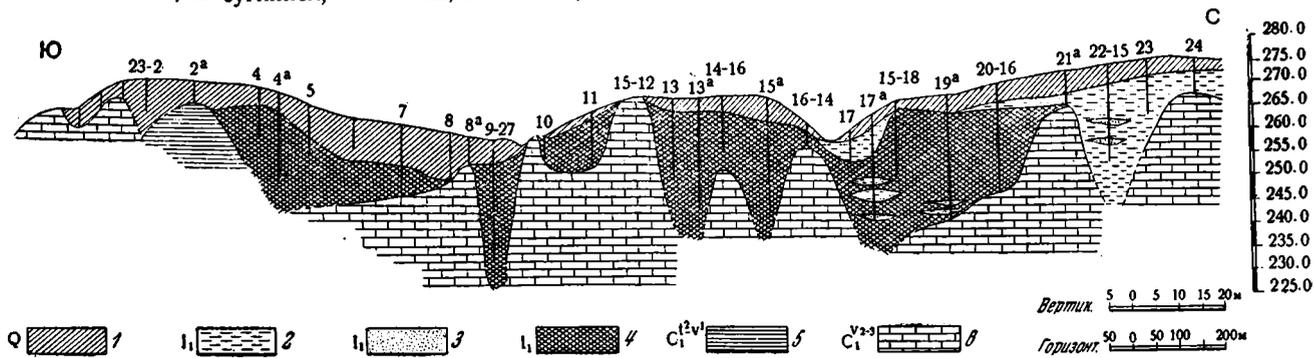
1 — рудная залежь; 2 — дудки рудные; 3 — дудки нерудные и недобитые

основной залежи. Размеры их достигают здесь от 50×50 м до 300×150 м. Форма залежей неправильно-округлая, овальная. Каждая залежь представляет собой выполненную рудой карстовую воронку или впадину в известняке, который местами выходит на поверхность и хорошо обнажен на площади между северной и южной частями залежи.

Железные руды, выполняя многочисленные впадины и карстовые воронки, развитые в известняках, образуют весьма сложную и неправильную группу гнездообразных и воронкообразных залежей, частью соединившихся друг с другом. Эти группы рудных залежей можно видеть на геологических разрезах по меридиональному и широтному направлениям (фиг. 2 и 3). Прослеживая рудную толщу с севера на юг по меридиональной линии 1—1, мы видим целый ряд примыкающих друг к другу или изолированных рудных залежей, имеющих конусообразные и неправильные гнездообразные формы. Некоторые из них в виде узких



Фиг. 2. Геологический разрез по разведочной линии 8  
 1 — суглинок; 2 — глина; 3 — глина; 4 — галечник; 5 — песок; 6 — руда; 7 — известняк



Фиг. 3. Геологический разрез по разведочной линии 1-1  
 1 — суглинок; 2 — глина; 3 — песок; 4 — руда; 5 — сланцы известково-глинисто-кремнистые; 6 — известняк

конусов глубоко уходят вниз. Встречаются и более сложные формы залежей, когда последние в нижних своих частях расчленяются на ряд более мелких тел. Аналогичный характер рудной залежи мы видим и по широтному разрезу по линии 8.

Почва отдельных залежей очень неровная и обнаруживает то резкие повышения, то понижения высотных отметок. В отличие от почвы кровля рудной залежи носит более спокойный характер.

Таким образом из вышеизложенного следует, что Аккермановское железорудное месторождение залегает на неровно размытой поверхности известняков и представляет ряд гнездообразных или конусообразных залежей.

Поверхность подстилающих известняков богата карстовыми углублениями и впадинами карстовых воронок. Известняки выдаются то в виде подземных острых зубцов, то в виде тупых бугров. Склоны их по большей части очень крутые. Размеры карстовых углублений колеблются от нескольких метров до нескольких десятков метров в диаметре.

Сами известняки, подстилающие рудную толщу, в поверхностных частях обычно являются выщелоченными, ноздреватыми и пористыми, но бывают также плотными и очень крепкими. Местами они перекристаллизованы. Под микроскопом наблюдается мелкозернистая масса кальцита с размером зерен от 0.01 до 1.0 мм. Иногда обнаруживаются членики криноидей, фораминиферы, обломки раковин брахиопод, трилобитов и мельчайшие трудно определяемые органогенные остатки. На основании найденной фауны Г. И. Теодорович относит эти известняки к визе и намюру.

В местах соприкосновения с рудной толщей известняки частично замещены гидроокислами железа и марганца и соответственно окрашены в желтовато-бурые и буровато-черные цвета. Пустоты в этих известняках обычно выполнены охристо-глинистой массой. В некоторых случаях стенки трещин и пустот бывают покрыты щетками довольно крупных кристаллов кальцита.

Рудная толща по большей части сложена грубослоистыми и массивными охристо-песчанистыми гидрогетит-хлоритовыми конкреционно-жеодистыми и, реже, бобово-оолитовыми рудами. В разных горизонтах эта рудная толща содержит прослойки серых, бурых и желтых глин, алевролитов и песков, слабо оруденелых или совершенно не оруденелых, мощностью до 0.3—0.4 м. Почти повсеместно среди рудной толщи встречаются отдельные валуны, гальки и гравийный материал, состоящие из кварца, кремня, яшмовидных пород, кварцево-песчаных пород, серицитовых сланцев, известняков, а иногда и из силифицированных серпентинитов. Мощность рудных залежей весьма различна и колеблется (в зависимости от размеров карстовых углублений) от нескольких метров до нескольких десятков метров. Мощность железных руд по некоторым картам осталась невыясненной. Часть шурфов, пройденных в них на глубину до 40 м, оказалась недобитой до подстилающих пород.

Рудная толща близ границы с известняками часто содержит включения обломков известняка и щебень, сцементированный охристо-песчанистой массой. Образование этих брекчиевидных участков связано с просадкой известнякового фундамента и оползанием рудной толщи по крутым стенкам в карстовые углубления. Захваченные при этом обломки известняка оказались перемещенными с рудной массой. О просадках рудной толщи свидетельствуют плоскости скольжения, наблюдающиеся в рудах или среди прослоек песчано-глинистых отложений. Г. И. Теодорович полагает, что явления просадок имели место не только в юрское, но и в послекюрское время, что подтверждается наличием плоскостей скольжения среди надрудной толщи.

Надрудная толща представлена юрскими, третичными и отчасти четвертичными отложениями.

Юрские отложения распространены преимущественно в северной части участка, где они представлены пестроокрашенными песчанистыми глинами, желтовато-серыми песками, алевролитами и кварцевым галечником с песчано-глинистым цементом. В южной части юрские породы, покрывающие рудное тело, сложены пестроокрашенными глинами и алевролитами, желтыми, серыми и буроокрашенными песками, гравием и галечником.

Юрские глины обычно песчанистые, слюдистые, комковатые, местами более жирные. В некоторых местах среди этих глин встречаются плохо сохранившиеся растительные остатки и включения углистых частиц. Среди растительных остатков найдены *Cladophlebis* cf. *haiburnensis* L. et H. и пр. Песок кварцевый и кварцево-слюдистый, обычно мелко- и среднезернистый, реже крупнозернистый. Иногда он содержит прослойки гравия и включения галек различной степени окатанности, размерами от 1 до 3—5 см в поперечнике. Гальки кварцевые, кремнистые, песчанистые, яшмовидные. Встречаются обломки и щебень, состоящие из змеевика, кремнистых сланцев, известняка и железных руд.

Мощность юрских отложений местами достигает 15 м, но обычно на территории разведанного участка составляет от 2 до 8 м.

Третичные отложения относятся к плиоцену. Они представлены серыми, бурыми и желтовато-бурыми глинами и алевролитами. Глина жирная, или песчанистая, содержит прожилки и гнезда пластинчатого гипса. Отложения плиоцена были обнаружены Г. И. Теодоровичем около известкового карьера. Мощность их около 3 м.

Четвертичные отложения представлены желтовато-серыми и буроватыми суглинками с прослойками гравия и галек, мощностью около 2—3 м.

Эти покрывающие породы ложатся на неравномерно размытую поверхность рудной толщи, образуя с ней довольно резкую границу, лишь местами выраженную неясно. Граница эта легко устанавливается в том случае, когда верхние горизонты рудной толщи представлены бобово-оолитовыми или переотложенными рудами и покрываются четвертичными серыми и желтовато-серыми суглинками или же третичными песчано-глинистыми отложениями. Но в некоторых местах в северо-восточной и восточной частях участка на верхние горизонты рудной толщи, сложенные охристо-песчанистыми желтовато-бурыми рудами, залегают песчано-глинистые юрские отложения, также окрашенные гидроокислами железа в желтовато-бурый цвет, и тогда граница становится неясной.

На восток по простиранию рудная толща фациально замещается песчано-глинистыми отложениями юры. Отсутствие выработок к востоку от рудного участка не дает возможности подробнее остановиться на характере этого замещения и поведения рудной залежи. Следует отметить, что в противоположность северной и западной частям участка юго-восточная оказалась недостаточно разведанной, что отразилось и на ее изученности.

Прослеживая рудную толщу по меридиональной разведочной линии I—I на север (фиг. 3), мы видим, что рудная залежь выклинивается к дудке 24. Здесь непосредственно на известняках залегают пестроокрашенные песчаные, глинистые и галечные юрские и четвертичные отложения.

По направлению на запад и юго-запад рудная толща тоже выклинивается, но все же на западе, за пределами главной рудной залежи, местами встречаются отдельные карстовые углубления, выполненные железной рудой (фиг. 2).

В 1933—1934 гг. во время поисков и разведок железных руд, к за-

паду от Аккермановского железорудного месторождения, в некоторых шурфах было констатировано никелевое оруденение. В 1938 г. на этом участке разведано никелевое месторождение.

### Строение рудного тела

Имеющихся материалов недостаточно для того, чтобы во всех деталях составить себе представление о характере строения всей рудной залежи. В частности мало освещенными остались нижние горизонты рудной толщи Аккермановского месторождения, в связи с тем, что за немногими исключениями разведочные выработки приостанавливались на глубине около 25 м и не добывались до подстилающих пород.

Железные руды на Аккермановском месторождении выполняют различной величины карстовые углубления, развитые на известняках, поэтому рудное тело представляет довольно сложный в общем комплекс, состоящий из целого ряда больших и малых залежей, то соединенных между собой, то изолированных друг от друга. Такие разрозненные рудные тела, выполняющие отдельные карстовые воронки, часто обладают различным строением.

В рудной толще Аккермановского месторождения преобладают грубослоистая, массивная и конкреционно-жеодистая текстура руд, подчиненное значение имеет бобово-оолитовая. Иногда встречается грубо-обломочная текстура. Как показывают наблюдения, обычно бобово-оолитовая текстура встречается в верхних горизонтах рудной залежи, а конкреционно-жеодистая в средних и нижних. Однако, любая из указанных текстур может быть встречена в любом горизонте залежи, наглядным примером чего может служить факт залегания бобово-оолитовых руд по линии I—I на разных уровнях в дудках 17а (20.4 до 22 м) и 19а (6 до 9 м глубины).

Следует указать, что тонкослоистая текстура руд, которая очень широко распространена на Халиловских месторождениях, здесь отсутствует.

Рудная залежь сложена в основном из химических осадков, выпадавших из молекулярных и коллоидальных растворов, и механически переотложенных осадков, начиная от глинисто-алевритовых и песчаных частиц и кончая различной величины гальками и валунами. Первые образуют рудные бобы, оолиты, чешуйки, сгустки, конкреции, жеоды, пропластки, прожилки и скопления неправильной формы. Они по большей части дают бобово-оолитовые и конкреционно-жеодистые текстуры. Вторые же образуют грубослоистые, грубообломочные и массивные текстуры.

Изучая рудную площадь в пределах всего оконтуренного участка, мы находим некоторую закономерность в распределении обломочного материала, а именно: грубообломочный материал, как правило, сконцентрирован в западных частях рудного участка, по направлению же на восток количество грубообломочного материала уменьшается за счет увеличения более мелкозернистых частиц, вплоть до появления песчано-глинистых отложений.

В западных и центральных частях рудной площади отмечается также и наибольшая концентрация гидроокислов железа в виде корок, прожилков, конкреций и жеод, количество которых по направлению на восток и северо-восток постепенно уменьшается.

Еще далее на восток рудная толща фациально замещается песчано-глинистыми отложениями, которые только местами слабо обогащены гидроокислами железа и окрашены ими в желтовато-бурые цвета.

### Минералогический состав руд

В составе рудной залежи принимает участие целый ряд рудных и нерудных минералов. В числе рудных минералов встречаются: эренвер-

тит, гидрогетит, турьит, гидрогематит, гематит, магнетит, пиролюзит, вад, хромшпинелиды, ревинскит и железистые хлориты. Из числа нерудных минералов встречены: опал, халцедон, кварц, гипс, кальцит, ба-рит, биотит, гидраргиллит, накрит-каолинит.

**Эренвертит.** Эренвертит очень похож на сплошные и плотные разновидности гидрогетита и может быть определен только под микроскопом по его изотропным свойствам.

Нередко наблюдаются постепенные переходы от аморфной гелеобразной массы эренвертита в метаколлоидную или раскристаллизованную криптокристаллическую массу гидрогетита. В массе эренвертита по большей части наблюдаются мельчайшие микротрещины в виде тончайших прямых, ломаных, круговых или дугообразных линий, расположенных в самых различных направлениях и нередко пересекающихся. Образование этих микротрещин происходило в результате усыхания гидрогеля.

Эренвертит пользуется довольно широким распространением в рудной толще. Его можно обнаружить под микроскопом в самых различных горизонтах рудной толщи и в разных типах железных руд. Некоторые бобовые округлые образования в железных рудах состоят сплошь или частично из изотропной, оптически недействительной массы эренвертита.

**Гидрогетит.** По характеру строения гидрогетита можно выделить несколько его разновидностей: а) порошковатый, б) плотный сплошной, в) бобовые и оолитовые образования и г) волокнистый гидрогетит.

Порошковатая охристая разновидность гидрогетита представляет собою рыхлую, сыпучую или же слабо-сцементированную массу. Цвет непостоянный, очень часто в образцах имеются пятна, окрашенные в желтый, желтовато-бурый или буровато-красные цвета. Твердость порошковатых охристых гидрогетитов от 1 до 2. Блеск матовый. Состав массы по величине частиц носит неоднородный характер: размеры этих частиц определяются в пределах от ультра-микроскопической величины до 1—2 мм. Минералы, входящие в состав порошковатой массы гидрогетита, в силу мелкого размера зерен довольно трудно поддаются петрографическому исследованию. При сильных увеличениях можно наблюдать желтовато-бурую криптокристаллическую массу гидрогетита, которая местами довольно ясно действует на поляризованный свет. Но нередко встречаются и участки, состоящие из метаколлоидной и слабо-раскристаллизованной массы. Иногда среди нее можно наблюдать аморфные, гелеобразные оптически недействительные участки эренвертита. В охристой минеральной массе часто встречаются аморфные и метаколлоидные буровато-зеленые железистые хлориты, чешуйки серицита, зерна магнетита, хромшпинелидов и гидрогематита. Почти постоянно наблюдаются угловатые и часто разъеденные зерна кварца. Местами встречаются мельчайшие прожилки и гнезда гипса.

Химический состав порошковатой охристой массы (из дудки 13а, обр. 4) характеризуется данными табл. 1.

Подсчет минеральных количеств в прозрачных шлифах производился линейным способом. На основании этого подсчета и пересчета химических анализов на минералогический состав выяснилось, что в составе порошковатой массы количество гидрогетита (+ эренвертит) колеблется от 35 до 60%, железистого хлорита — от 20 до 30%, кварца — от 5 до 20% и хромшпинелидов — от 1.5 до 2.0%.

Плотный сплошной гидрогетит представлен двумя разновидностями, из которых первая обладает темнобурой или буровато-черной окраской, полуметаллическим блеском и плоскораковистым изломом. Удельный вес ее 3.9. Твердость 4. На фарфоровой пластинке дает черту бурого цвета с матовым блеском.

Под микроскопом гидрогетит состоит из микрозернистой массы, не всегда однородной. В ней часто наблюдаются участки, состоящие из геля гидрата окиси железа — эренвертита и железистых хлоритов. Не-

Таблица 1

Химический состав порошкового охристого гидрогетита  
(в %)

Компоненты	Колич.	Компоненты	Колич.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	13.92	CaO . . . . .	0.57
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.34	MgO . . . . .	1.36
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	13.56	NiO . . . . .	0.37
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1.03	CoO . . . . .	0.06
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	53.47	S . . . . .	0.09
FeO . . . . .	0.12	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.30
MnO . . . . .	0.92	H <sub>2</sub> O± . . . . .	13.60
		Сумма . . . . .	99.71

Анализы производились в химической лаборатории Южно-Уральской экспедиции Академии Наук СССР (1938).

редко встречаются также зерна кварца, а иногда отдельные угловатые зерна хромшпинелидов и куски обожженной древесины, почти нацело замещенной гидрогетитом, но сохранившей свою структуру.

Под микроскопом в тонких прозрачных шлифах гидрогетит имеет вид микрозернистого или микроволокнистого агрегата, местами довольно ясно действующего на поляризованный свет. Зерна и волокна гидрогетита окрашены в буровато-красный или желтовато-бурый цвет. Встречающийся среди гидрогетита эренвертит по большей части показывает типичные трещины усыхания.

В полированных шлифах в отраженном свете гидрогетит имеет гладкую поверхность, которая чертится стальной иглой при среднем давлении. Получающийся порошок имеет в косом свете желтовато-бурый цвет. Цвет же полированной поверхности минерала в отраженном свете — серый. Травление мономинеральной гидрогетитовой массы HCl (1:1) на холоду в течение 1,5 и 10 минут никакого действия не оказало.

Химический состав плотного сплошного гидрогетита представлен в табл. 2.

Таблица 2

## Химический состав плотного сплошного гидрогетита (в %)

Компоненты	Колич.	Компоненты	Колич.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	4.52	FeO . . . . .	2.84
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	4.20	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.27
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1.22	H <sub>2</sub> O± . . . . .	12.55
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	74.53	Сумма . . . . .	99.13

Пересчет химического состава на минералогический состав показывает, что наряду с гидрогетитом и эренвертитом, количество которых в анализируемой массе достигает 81%, имеются также железистый хлорит (11.86%), кварц (4.10%) и хромшпинелиды (2.07%).

Плотный гидрогетит с полуметаллическим блеском встречается в разных горизонтах рудной толщи, но в очень незначительных количествах. Он образует линзовидные пропластки, а также гнездообразные скопления и прожилки в окристо-песчаных, жеодисто-конкреционных и бобовых рудах. Местами можно наблюдать постепенные переходы от окристо-порошковой массы к плотным сплошным гидрогетитам. Детальные

макроскопические наблюдения этих переходов в выработках, а также микроскопические наблюдения шлифов позволяют считать плотные гидрогетиты вторичными образованиями, в уже отложившейся ранее рудной толще. Об этом свидетельствует также и жилковатый характер гидрогетитов. Местами эти прожилки плотного гидрогетита косо или вертикально пересекают охристые песчано-глинистые прослойки рудной толщи.

Другая разновидность плотного гидрогетита отличается матовым блеском, неровным изломом и желтовато-бурым цветом. Черта минерала на фарфоровой пластинке желтовато-бурая. Удельный вес 3.62—3.84.

Под микроскопом в тонких прозрачных шлифах наблюдается микрокристаллическая и микроволокнистая желтовато-бурая или буровато-красная масса, носящая такой же характер, как и у предыдущей разновидности. Иногда она мономинеральна, но по большей части неоднородна по составу и содержит эренвертит, а также включения песчинок хромшпинелидов и кварца. Местами присутствует побуревший железистый лептохлорит. Последний может быть аморфным, изотропным, метаколлоидным и микрозернистым. Иногда встречаются обломки обохрениной древесины. Криптокристаллическая масса гидрогетита действует на поляризованный свет. В полированных шлифах в отраженном свете плотный гидрогетит с матовым блеском почти не отличается от описанного выше гидрогетита с полуметаллическим блеском.

Плотный криптокристаллический гидрогетит с матовым блеском пользуется широким распространением во всех горизонтах рудной толщи. В одних случаях он образует прожилки, гнезда и линзовидные пропластки, в других — различной величины плотные скорлуповые корки в конкреционных и жеодистых образованиях.

Кривые нагревания гидрогетитов были получены в Лаборатории экспериментальной петрографии ИГН Академии Наук СССР (Шмакова). Кривая нагревания плотного сплошного гидрогетита с полуметаллическим блеском (фиг. 4) отвечает типичной кривой нагревания для гидрогетита: она имеет один хорошо выраженный эндотермический эффект с максимумом при  $315^{\circ}$ .

Другая кривая нагревания (фиг. 5) была получена для плотного сплошного гидрогетита из конкреции (химический анализ, табл. 2). Эта кривая имеет два эндотермических эффекта: первый с максимумом при температуре  $355^{\circ}$ , второй при температуре  $550^{\circ}$ . Первая остановка отвечает разложению гетита, вторая остановка лептохлоритовая.

Помимо указанных разновидностей в рудной толще встречаются гидрогетитовые бобы и оолиты. Они представляют собой шаровидные образования, размеры которых колеблются от микроскопической величины (0.01 мм) до 5 мм в поперечнике. Форма их неправильно округлая и овальная. Окраска оолитов и бобов от желтовато-бурого до темно-бурого цвета. На фарфоровой пластинке дают черту бурого цвета. Удельный вес бобов и оолитов от 3.40 до 4.30. Твердость также не постоянная, у рыхлых бобов она около 2, у более крепких 4—5. Блеск бобов и оолитов матовый, а иногда с поверхности полуметаллический. У некоторых бобов и оолитов периферические части более плотные и крепкие, а средние — рыхлые, порошокватые. Многие из них обладают магнитными свойствами.

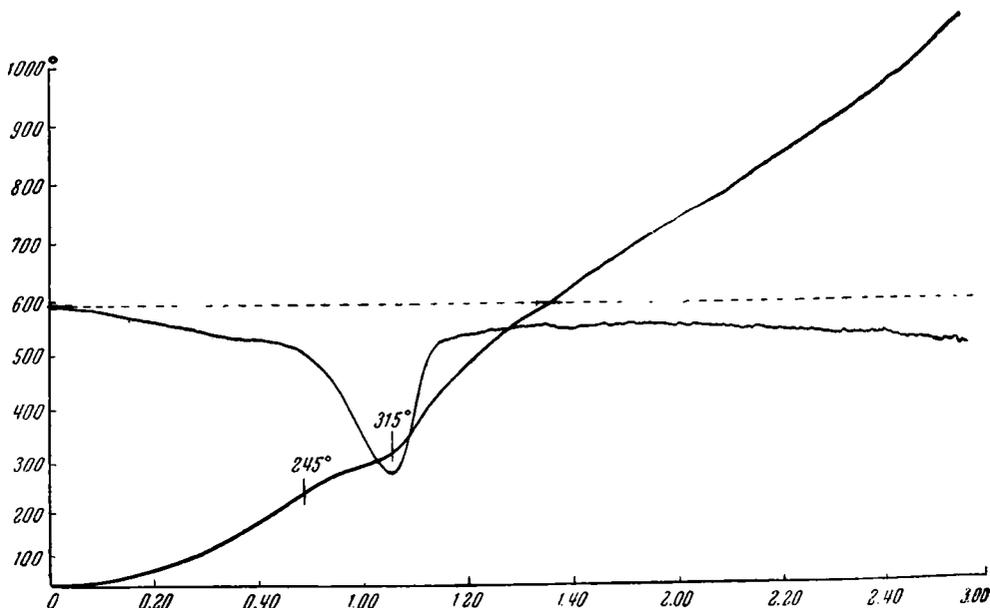
Под микроскопом в прозрачных шлифах наблюдаются сплошные бобовые образования, состоящие из криптокристаллической оптически деятельной массы темнобурого или буровато-красного цвета. Оолиты встречаются редко (фиг. 6).

Для получения кривых нагревания гидрогетитовых бобов и оолитов последние были выделены из руды, отделены от цементирующей массы и сданы на химические анализы и на термические исследования.

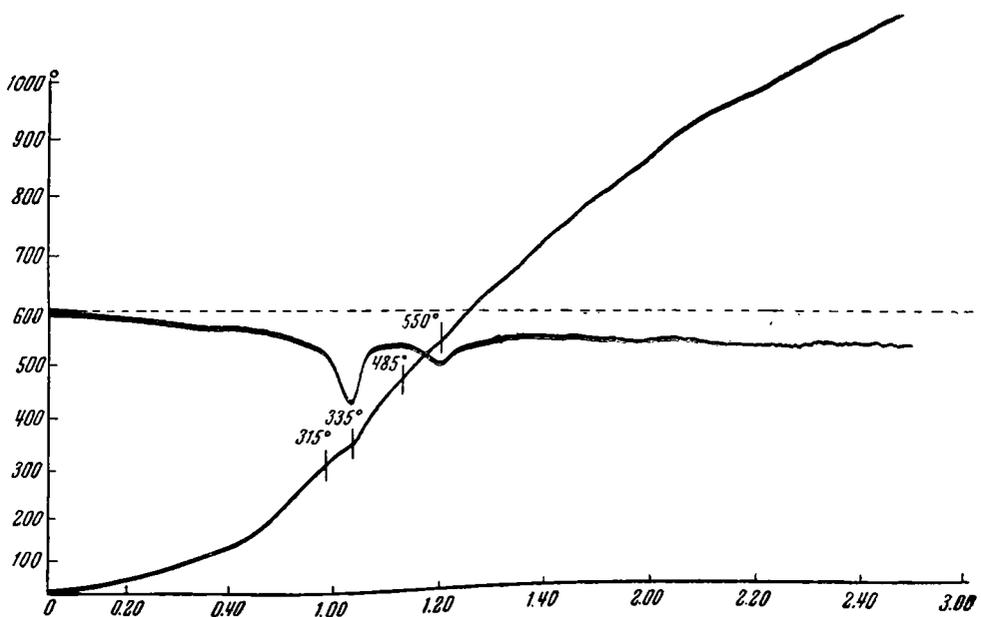
Термические исследования этих порошков для двух образцов были

выполнены Лабораторией экспериментальной петрографии ИГН Академии Наук СССР (Шмакова).

На обеих кривых нагревания (фиг. 7 и 8) имеются хорошо выраженные эндотермические остановки, в одном случае с максимумом при



Фиг. 4. Кривая нагревания сплошного плотного гидрогетита с полуметаллическим блеском.



Фиг. 5. Кривая нагревания плотного гидрогетита из конкреции.

335°, в другом с максимумом при 320°, которые по своему положению и характеру отвечают остановкам гидрогетита. Кроме этого, при 710° имеется экзотермическая остановка, которая объясняется наличием примесей в бобовых образованиях.

Химические анализы этих гидрогетитовых бобов и оолитов из дудки 7а, образец 1, представлены в табл. 3.

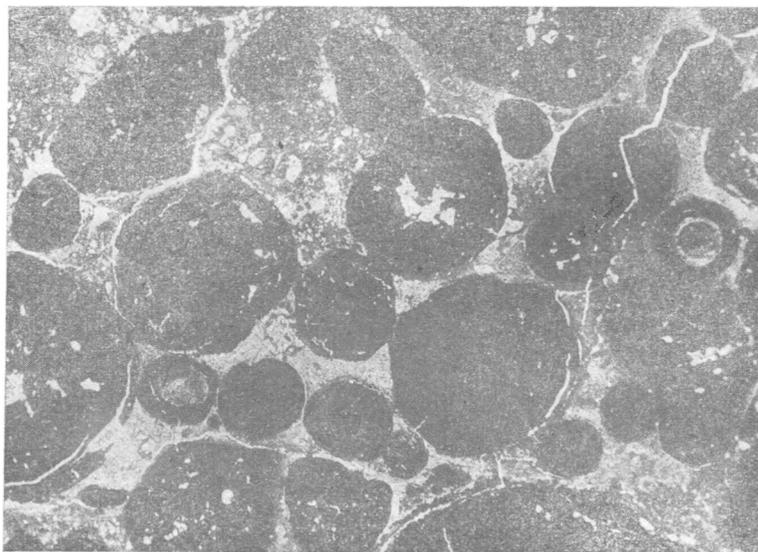
Таблица 3

Химический состав гидрогетитовых бобов и оолитов (в %)

Компоненты	Колич.	Компоненты	Колич.
SiO <sub>3</sub> . . . . .	2.17	MgO . . . . .	0.96
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2.60	S . . . . .	0.13
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1.37	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.13
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	84.50	H <sub>2</sub> O± . . . . .	6.25
MnO . . . . .	1.21		
CaO . . . . .	0.02	Сумма . . . . .	99.34

Как видно из приведенной таблицы, количество Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в бобах и оолитах достигает 84.50%. Кремнезема и глинозема очень мало. Наличие их объясняется присутствием хлорита и отчасти гидраргиллита. Хром обусловлен хромшпинелидами.

Волокнистый гидрогетит состоит из волокнистой массы желтовато-бурого или буровато-коричневого цвета с шелковистым блеском. Излом ее занозистый или игольчатый. Черта минерала желтовато-бурая, матовая. Удельный вес 3.9, твердость 3—4.

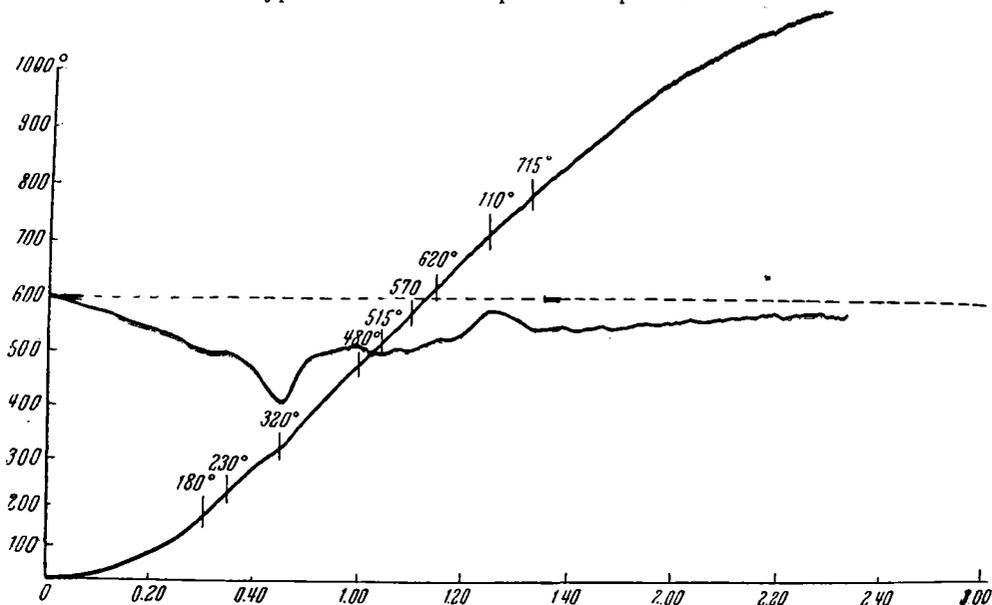


Фиг. 6. Гидрогетит-хлоритовая бобово-оолитовая руда. Черное — гидрогетит, серое — хлорит, белое — гидраргиллит, × 48. Николи +

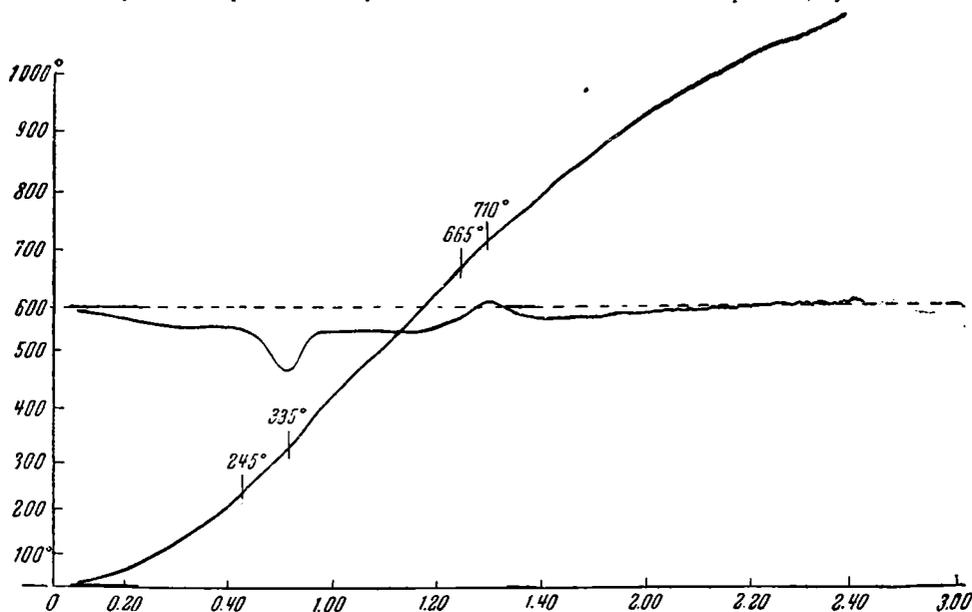
В прозрачных шлифах хорошо наблюдается параллельно-волокнутое лучистое или игольчато-пучковатое строение. Рост волоконцев происходил периодически, о чем свидетельствуют ясно выраженные их зоны нарастания, которые наблюдаются в виде ряда полос различной окраски в жеодистых образованиях. В некоторых случаях длина волоконцев достигает 1 см, но очень часто размеры их являются микроскопическими. Волокнистая масса хорошо действует на поляризованный свет.

Иногда в конкреционных и жеодистых рудах под микроскопом наблюдается микроволокнистая масса, образующая причудливые петельчатые узоры, прожилки и микрогнезда.

Волокнистая гетит-гидрогетитовая масса в отраженном свете имеет серовато-белый цвет. Твердость полированной поверхности средняя. Она чертится стальной иглой при среднем нажиме. Получающийся порошок имеет желтовато-бурый цвет. Плеохроизм выражен слабо.



Фиг. 7. Кривая нагревания гидрогетитовых бобов и оолитов. Обр. № 1, дудка № 17а.



Фиг. 8. Кривая нагревания плотного гидрогетита с матовым блеском. Обр. № 2, дудка № 4а.

**Гидрогематит.** Среди гидрогематитовых образований, встречающихся на Аккермановском месторождении, по их физическим свойствам и по характеру строения можно выделить несколько разновидностей, а именно: 1) охристый или порошковатый гидрогематит, 2) плотный или сплошной, 3) конкреционный и жеодистый и 4) бобовые образования гидрогематита.

Порошковатая разновидность гидрогематита представляет собой рыхлую или слабо связанную массу красного цвета. Твердость ее около 1. Блеск матовый. Черта на фарфоровой пластинке — красного или кирпично-красного цвета. Порошковатая масса обладает марающими свойствами.

В прозрачных шлифах порошковатая охристая гидрогематитовая масса является криптокристаллической, окрашенной в красный цвет. Микрзернистый ее агрегат довольно ясно действует на поляризованный свет. Минеральный состав охристого гидрогематита не всегда однороден. Очень часто он содержит эренвертит, зерна и волоконца гидрогетита, песчинки кварца, реже хромшпинелидов и обохренный побуревший железистый хлорит.

Охристый, порошковатый гидрогематит встречается в разных местах и горизонтах рудной толщи. Довольно большим распространением он пользуется в центральных частях оконтуренной рудной площади, где наблюдается в виде отдельных пятен и участков среди гидрогетит-хлоритовых и охристо-песчанистых руд (дудки 13а и 4а по меридиональной линии).

Местами охристо-порошковатая гидрогематитовая масса переходит в более плотную и крепкую сплошную массу с неровным изломом и матовым блеском, твердость которой по шкале Мооса достигает 3, а в некоторых случаях и большей величины.

Плотный гидрогематит окрашен в темные кирпично-красные цвета и на фарфоровой пластинке дает кирпично-красную черту. Под микроскопом в прозрачных тонких шлифах гидрогематит наблюдается в виде криптокристаллической, оптически деятельной массы красного цвета. Минеральный состав ее не однородный; здесь, так же как и в порошковатой охристой массе, мы находим эренвертит, зерна гидрогетита, кварца и хромшпинелидов. Изредка можно встретить обломки обохренной древесины и чешуйки железистого хлорита. Плотные разности гидрогематита обнаруживаются в разных местах и на различной глубине от поверхности.

В конкрециях и жеодах гидрогематит образует вместе с гидрогетитом плотные корки и рыхлую порошковатую массу, находящиеся как между корками, так и в центральной части этих образований. Под микроскопом в тонких прозрачных шлифах наблюдается микрокристаллическая, оптически деятельная гидрогематитовая масса красного цвета.

Химический состав плотного сплошного гидрогематита приводится в табл. 4.

Таблица 4

Химический состав плотного сплошного гидрогематита (в %)

Компоненты	Колич.	Компоненты	Колич.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	3.41	MgO . . . . .	1.28
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.13	S . . . . .	0.05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2.35	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.31
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	85.32	H <sub>2</sub> O— . . . . .	0.53
FeO . . . . .	1.36	H <sub>2</sub> O+ . . . . .	4.86
MnO . . . . .	0.36		
CaO . . . . .	0.22		
		Сумма . . . . .	100.18

Аналитик Р. А. Найшуль (1939).

Обнаруженные анализом примеси SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, FeO и др. обусловлены присутствием лептохлоритов, магнетита, псиломелан-вада и других минералов. Отношение Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : H<sub>2</sub>O = 1 : 0.50.

Бобовые и оолитовые образования гидрогематита по своей форме и размерам не отличаются от гидрогетитовых. Твердость различная: у выветрелых рыхлых бобов она около 2, у более крепких 4—5. Удельный вес бобов 4.3. Цвет бобовых и оолитовых образований красный или кирпично-красный. Блеск матовый, излом неровный. Микроструктурная масса действует на поляризованный свет. В полированных шлифах наблюдается различный характер полированной поверхности: некоторые плотные и крепкие бобы имеют гладкую поверхность, рыхлые — более шероховатую и микропористую. Окраска минерала в отраженном свете серовато-белая. Цвет порошка красный. Анизотропия и плеохроизм выражены неясно. Трудность их наблюдения заключается в очень микрозернистом характере минеральной массы. Действие реагентов, HCl (уд. вес 1.19) и царской водки, отрицательно.

Бобовые и оолитовые образования гидрогематита на Аккермановском месторождении пользуются очень незначительным распространением в южной его части, где они были встречены в верхних горизонтах рудной толщи (в дудке 4а по меридиональной линии I—I).

Химический состав бобовых и оолитовых образований гидрогематита характеризуется данными табл. 5.

Таблица 5  
Химический состав бобовых и оолитовых образований гидрогематита (в %)

Компоненты	Колич.	Компоненты	Колич.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	2.77	CaO . . . . .	0.14
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2.01	MnO . . . . .	0.56
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	87.09	S . . . . .	0.03
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1.67	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.31
FeO . . . . .	0.34	H <sub>2</sub> O . . . . .	3.95
MgO . . . . .	0.84	Сумма . . . . .	99.71

Аналитик Р. А. Найшуль (1939)

Как видно, этот гидрогематит является довольно маловодным, отношение Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : H<sub>2</sub>O = 1 : 0.40. Количество примесей в нем незначительное; кремнезем и глинозем относятся за счет лептохлоритов, хром за счет зерен хромшпинелидов, марганец за счет пиролюзита и псиломелан-вада, а присутствие закисного железа объясняется наличием лептохлорита и магнетита, которые в виде отдельных мельчайших зерен наблюдаются под микроскопом в некоторых бобах и оолитах.

Магнетит встречается в различных местах рудной толщи, в окристо-песчанистых, бобово-оолитовых и конкреционно-жеодистых рудах в виде отдельных зерен и микропрожилков. Под микроскопом эти зерна обнаруживаются в прозрачных шлифах в виде черных, непрозрачных включений, которые в отраженном свете имеют пепельно-серый цвет и дают черный магнитный порошок. Хорошо выраженных октаэдров магнетита на Аккермановском железорудном месторождении обнаружено нами не было.

Пиролюзит встречен в виде двух разновидностей: землистой и кристаллической. Землистая разновидность пиролюзита довольно рыхлая, твердость ее от 1 до 3. Минеральная масса обычно окрашена в черный цвет, но иногда переходит в стально-серый. Черта черная. Блеск матовый или полуметаллический. Землистый пиролюзит наблюдается в разных местах железорудной толщи в виде небольших скоплений, гнезд, прожилков и примазок в различных типах железной руды. При-

существование пиролюзита в железных рудах придает им черный цвет. В некоторых образцах железных руд количество  $MnO$  достигает 3%.

Кристаллическая разновидность пиролюзита встречается по большей части в нижних горизонтах рудной толщи. Здесь пиролюзит принимает участие в сложении железистых и марганцовистых конкреций, образует щетки на стенках пустот или же полностью выполняет их. Цвет в штуфных образцах стально-серый. Блеск полуметаллический. На фарфоровой пластинке минералы дают черту черного цвета. Твердость около 3—4. Под микроскопом в отраженном свете наблюдается кристаллическая масса, которая в поляризованном свете обладает сильной анизотропностью. Окраска минерала в отраженном свете — кремовая. Полированная поверхность ее довольно легко чертится стальной иглой при среднем нажиме; порошок получается черный. Реагенты ( $HNO_3$ ,  $FeCl_3$ ,  $KOH$ ) мономинеральную массу пиролюзита не травят.

В ад присутствует в марганцовистых железных рудах в виде примеси. Встречается он также в железисто-марганцовистых конкреционных и жеодистых образованиях в виде пленок и тонких корок черного цвета. Черта буровато-черная. Твердость 1—3.

Как показывают химические анализы,  $MnO$  в больших или меньших количествах встречается во всех типах аккермановских железных руд. Например, количество  $MnO$  в бороздовых пробах порошковатых руд колеблется от 0.10 до 0.92%, в конкреционно-жеодистых гидрогетитовых рудах от 0.06 до 3.71%. В отдельных же конкрециях количество  $MnO_2$  достигает 68.80%.

Хромшпинелиды встречаются в виде отдельных зерен, обычно угловатой формы, диаметром от 0.05 до 0.2—0.3 мм, реже более крупных размеров. Очень часто эти зерна разбиты трещинами, причем нередки случаи, когда вдоль трещин наблюдаются процессы разложения хромшпинелидов с образованием в этих местах зеленовато-бурой изотропной массы.

Хромшпинелиды обнаруживаются в разных местах рудной толщи и входят в состав различных типов железных руд. В бобовых рудах зерна хромшпинелидов находятся не только среди гидрогетит-хлоритовой цементирующей массы, но наблюдаются и внутри самих бобовых или оолитовых образований.

Ревдинскит. Минералы группы никелевых силикатов изучались в свое время Д. Г. Ульяновым, Г. С. Грицаенко и др., а также Н. М. Кеппен (1937), обнаружившими голубовато-зеленые силикаты никеля на Аккермановском месторождении среди буровато-коричневых глинистых отложений.

Н. М. Кеппен определила показатели преломления для тонкозернистых агрегатов никелевых силикатов  $N=1.625—1.630$  и считает их аналогами порошковатого ревдинскита Тюленевского месторождения.

При изучении железорудной толщи Аккермановского месторождения нами в ряде дудок были также встречены мелкие гнезда и прожилки этих силикатов никеля, окрашенные в бледно-голубовато-зеленые цвета. Под микроскопом они местами представлены микрозернистым агрегатом с низкими цветами интерференции. Средний показатель преломления, определенный иммерсионным методом,  $N=1.635$ .

Силикаты никеля встречены в нижних горизонтах рудной толщи в виде землистой или плотной массы. Твердость около 2—3. Удельный вес 2.56. Плотные разновидности довольно хрупкие и обладают полуракноватым изломом. Блеск матовый. В одном штуфном образце с прожилками никелевых силикатов П. А. Волковым определено  $NiO$  около 40%.

Железистые хлориты пользуются широким распространением в рудной толще и встречаются в разных ее горизонтах. Макроскопически они представляют собой зеленоватую, местами побуревшую и

обохренную массу, довольно рыхлую, или более плотную и крепкую. Твердость хлоритов колеблется от 2 до 3. Удельный вес 3.15. Блеск матовый. Излом землистый, неровный, иногда полураковистый.

Хлориты входят в состав различных типов железных руд в разных количествах. В одних случаях они занимают в рудной массе доминирующее положение, в других — участвуют в ней лишь только в виде отдельных гнезд и прожилков.

Под микроскопом железистый хлорит наблюдается в виде трех разновидностей: а) аморфной—изотропной, б) метаколлоидной и в) микрочешуйчатой.

Изотропные хлориты встречаются очень часто. Под микроскопом они имеют вид аморфной массы от светлозеленого до зеленовато-бурого цвета. Изотропная хлоритовая масса не всегда является мономинеральной. Обычно она содержит примеси гидроокислов железа, которые отдельными участками и пятнами замещают хлориты и окрашивают их в желтовато-бурый цвет.

Показатели преломления изотропных хлоритов определялись иммерсионным методом: у зеленых  $N=1.671$ , у желтовато-зеленых  $N=1.708$ , у буровато-зеленых  $N=1.716$ .

Многочисленные определения показателей преломления у изотропных хлоритов разной окраски показали, что показатели преломления у хлоритов повышаются вместе с интенсивностью окрашивания их гидроокислами железа в желтовато-бурый цвет.

Метаколлоидные хлориты представляют собой гелеобразную массу, которая образует прожилки, а также неправильной формы сгустки. В шлифах нередко наблюдается зонарное строение, обусловленное периодичностью осаждения коллоидной массы хлорита. Эти сгустки при скрещенных николях обладают погасаниями в виде черного креста. Показатели преломления метаколлоидного хлорита определены иммерсионным методом,  $N=1.672$ .

Микрочешуйчатые хлориты на Аккермановском месторождении встречаются довольно редко. Они различаются только под микроскопом в прозрачных шлифах. Эта разность хлоритов образует также мельчайшие гнезда и прожилки в разных местах рудной толщи в различных типах руд. Окраска чешуйчатых хлоритов от зеленой до буровато-зеленой. Величина чешуек колеблется около 0.01—0.03 мм, лишь в очень редких случаях они достигают несколько большей величины. Плеохроизм у зеленых чешуек  $N_g$  светлозеленый,  $N_p$  темнозеленый. Удлинение положительное. Оптически отрицательный. Угол оптических осей очень мал. Дисперсия оптических осей  $p > v$ . Показатели преломления  $N_g=1.603$ ,  $N_p=1.592$ ,  $N_g-N_p=0.011$ .

Кривые нагревания некоторых образцов гидрогетитов, как уже было указано выше, имеют эндотермические остановки с максимумом при 550°, которые отвечают лептохлоритовым остановкам.

В числе прочих нерудных минералов наблюдаются как аллотигенные, так и аутигенные составные части различных горных пород. Аллотигенные составные части представлены от мельчайших частиц менее 0.01 мм до крупных галек и валунов. Этот разнообразный по величине обломочный материал встречается в разных местах рудной толщи. Образование их связано с процессами эрозии и разрушения метаморфических толщ, палеозойских пород и продуктов древней коры выветривания, их последующего переноса и отложения в пределах данного участка при образовании рудной залежи. В составе аллотигенных частиц мы находим: кварц, биотит, гидрослюда, хлоритовые сланцы, накрит-каолинит, кварцевые силициты, серицитовые сланцы, яшмы и серпентинит. Из них наибольшим распространением пользуется кварц.

Кварцевые песчинки и гальки неравномерно распространены по всей рудной толще. Кварцевые зерна всех размеров наблюдаются под микро-

скопом в различных типах руд в меньшем или большем количестве. Форма их угловатая или неправильно-округлая. Очень часто кварцевые зерна изъедены и замещены гидроокислами железа. Гальки же кварца имеют до 8—10 см в поперечнике, хорошо окатаны или полуокатаны. Нередко встречаются окатанные гальки и валуны, состоящие из кварцита и кремнистых пород и кварцевых песчаников. По большей части гальки и валуны в своих краевых частях замещены гидроокислами железа. В этих случаях они бывают окрашены в желтовато-бурый цвет.

В охристых песчаных рудах местами встречаются участки, состоящие из бесцветной или желтоватой метаколлоидной и тонкозернистой массы каолинита, показатели преломления которого, определенные иммерсионным методом, составляют  $n=1.566$ . Иногда встречаются чешуйчатые его разновидности, относящиеся к накрит-каолиниту.

Биотит и гидрослюда встречаются в составе различных типов руд в разных горизонтах рудной толщи. Биотит наблюдается в виде желтовато-бурых мельчайших чешуек, гидрослюда в виде мельчайших обломков, имеющих агрегатное строение.

В числе аутигенных образований мы находим кварц, халцедон, кальцит, барит и гипс. Кварц, кальцит и реже барит находятся в охристо-песчаных и конкреционно-жеодистых рудах, в последних в виде мелкозернистых образований по трещинкам и по стенкам, или в полостях некоторых жеод. Гипс также образует местами редкие прожилки и гнезда в гидрогетит-хлоритовых, конкреционно-жеодистых и реже в бобово-оолитовых рудах. Гипс грубопластинчатый. Размеры гнезд его достигают 3—4 см в поперечнике.

### **Типы руд по минералогическому составу и строению и их химическая характеристика**

Рудная толща Аккермановского железорудного месторождения, как уже выше было отмечено, изучалась Н. М. Кеппен в 1934 г. и Г. И. Теодоровичем в 1937 г.

Н. М. Кеппен (1937), основываясь на петрографическом характере и на формах выделения гидроокислов железа в рудной толще, выделяет среди железных руд: 1) охристо-глинистые, 2) охристо-глинистые галечные, 3) галечные, 4) оолитовидные и 5) конкреционно-жеодистые.

На основании наших исследований мы считаем целесообразным установить следующие типы руд, выделенные нами по минералогическому составу и строению: 1) гидрогетит-хлоритовые охристо-песчаные руды; 2) гидрогетит-хлоритовые конкреционно-жеодистые руды; 3) гидрогетит-хлоритовые бобово-оолитовые руды; 4) гидрогетит-пирролизитовые с конкрециями и жеодами.

Из них наибольшим распространением в рудной толще пользуется первый, меньшим — второй тип; два последних имеют подчиненное значение.

Гидрогетит-хлоритовые охристо-песчаные руды представляют собой рыхлую песчаную и охристую массу, местами более плотную и довольно крепкую. Твердость от 1 до 3. Цвет руды по большей части желтовато-бурый, реже буровато-коричневый. Иногда руда бывает окрашена неравномерно, в ней местами выделяются зеленовато-желтые или красновато-бурые пятна, появление которых обуславливается неравномерно развивающимися процессами обохривания железистых хлоритов. Руда носит массивный или грубослоистый характер. Основная часть руды представлена микрозернистой массой, содержащей частицы от 0.01 до 1—2 мм. Некоторые руды содержат более грубообломочный, щепнистый и галечный материал, а нередко и валуны, достигающие до 30 см в поперечнике. Гальки и валуны обычно довольно хорошо окатаны, песчаный материал, как правило, мало окатан.

В составе руды принимают участие гидрогетит, железистые хлориты, реже гидрогематит, эренвертит, хромшпинелиды, ревдинскит, псиломелан-вад, пиролюзит, кварц, халцедон, кальцит, гипс, каолинит, слюда.

Гидрогетит представлен несколькими разновидностями: порошковатым (охристым) плотным, сплошным и реже волокнистым гидрогетитом. Любая из этих разновидностей может быть встречена в любом месте рудной толщи. Порошковатые и охристые разновидности встречаются чаще других. Охры по большей части распространены в местах разрушения и обоживания железистых хлоритов. Область развития последних находится к югу и к юго-востоку от известнякового карьера (дудка 13а).

Плотный, сплошной гидрогетит образует прожилки и линзовидные прослойки, достигающие 5 см мощности. Местами прожилки состоят из плотного сплошного микрзернистого гидрогетита с полуметаллическим блеском. Изредка встречаются конкреции и жеоды, в строении которых на ряду с микрзернистым гидрогетитом принимает участие и волокнистая его разновидность, обладающая шелковистым блеском.

Гидрогематит очень редок и наблюдается в виде незначительных участков и прожилков кирпично-красного цвета. Он представлен как порошковатой массой, так и плотными сплошными образованиями, состоящими из микрокристаллической, оптически деятельной массы. Эренвертит, различимый лишь под микроскопом, обычно встречается вместе с гидрогетитом, в котором образует отдельные участки, состоящие из сгустков геля.

Гораздо большим распространением пользуется железистый хлорит, который местами представляет основную цементирующую массу руды. По большей части это зеленовато-бурый хлорит, частично обожженный, который в прозрачных шлифах имеет вид изотропной зеленоватой массы, иногда метаколлоидной массы или микрочешуйчатых агрегатов. Показатели преломления изотропных зеленовато-бурых хлоритов, определенные иммерсионным методом,  $N=1.716$ , у микрочешуйчатых  $N=1.635$ .

Хромшпинелиды рассеяны в руде неравномерно в виде отдельных угловатых зерен, которые частично изменены, разрушены и окрашены гидроокислами железа в темнобурый цвет. Гидросиликаты никеля (ревденскит) образуют очень редкие мельчайшие прожилки, окрашенные в светлоголубовато-зеленый цвет. Под микроскопом ревдинскит наблю-

Химический состав гидрогетит-хлоритовых охристо-песчанистых

№ разведочных линий	№ дудок	№ проб	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO
8	5а	1	32.18	0.60	13.00	0.30	36.13	0.35	0.25
8	7а	1	33.40	0.59	12.29	0.52	34.07	0.08	0.34
8	7а	2	30.04	0.59	14.79	0.43	36.77	0.27	0.27
8	7а	4	34.02	0.50	11.83	0.61	34.31	0.42	0.51
8	7а	6	37.30	0.58	9.35	0.63	35.70	0.08	0.31
8	7а	8	28.70	0.52	10.97	0.55	38.77	0.08	0.39
8	10а	2	39.16	0.58	7.15	2.52	36.93	0.37	0.10
8	10а	4	28.20	—	12.31	2.03	39.25	0.19	0.13
1	4а	9	23.84	0.64	17.72	2.57	39.96	0.00	0.21
1	13а	2	13.92	0.34	13.56	1.03	53.47	0.12	0.92
1	13а	4	22.93	0.63	13.98	0.75	48.20	0.00	0.39

Химические анализы выполнены в химической лаборатории Южно-Уральской

дается в виде мелкозернистой голубовато-зеленой массы с показателем преломления  $N=1.635$ .

В прозрачных шлифах очень часто наблюдаются угловатые зерна кварца, от 0.05 до 2.5 мм в поперечнике, в некоторых случаях разъемные по краям и по трещинкам и замещенные гидроокислами железа. Местами руда содержит прожилки мелкозернистого бесцветного кальцита и мелкозернистого пластинчатого гипса. Псилометан-вад образует также мельчайшие прожилки и пленки по трещинам. Встречаются обломки обохренной древесины с хорошо сохранившейся растительной тканью. Гальки и валуны состоят из кварца, яшмовидных и кремнистых пород, хлоритовых и серицитовых сланцев. В составе щебня находится известняк и отчасти силифицированные серпентиниты.

Химические анализы гидрогетит-хлоритовых охристо-песчанистых руд приведены в табл. 6. Руды эти по большей части бедны железом: количество  $Fe_2O_3$  обычно составляет от 34 до 40%, а  $FeO$ , как правило, не превышает 0.50%. Содержание  $SiO_2$  в среднем около 30%,  $Al_2O_3$  около 12—13%.  $NiO$  содержится от 0.11 до 0.90%,  $CaO$  от 0.0 до 0.06%,  $Cr_2O_3$  от 0.30 до 2.57%.

Спектральные анализы приведены в табл. 7, из которой видно, что для некоторых образцов получены слабые линии  $Be$  и  $Cu$ .

Гидрогетит-хлоритовые охристо-песчанистые руды пользуются на месторождении широким распространением, особенно в северо-восточной и восточной частях оконтуренной рудной площади, где рудная залежь почти нацело сложена ими. Дальше по направлению на восток и северо-восток руды эти повидимому фациально замещаются слабо ожелезненными песчано-глинистыми осадками, а местами гравийно-галечными отложениями. Следует отметить, что в самой рудной толще нередко можно встретить прослойки (до 0.20—0.40 м), состоящие из кварцево-сланцистого песка и железистых глин, окрашенных в бурый цвет.

Общая мощность гидрогетит-хлоритовых охристо-песчанистых руд, в зависимости от размеров выполненных ими карстовых углублений, от 0 до 30 м и более.

Гидрогетит-хлоритовые конкреционно-жеодистые руды. Этот тип руды состоит из конкреций и жеод, залегающих среди охристо-песчанистой гидрогетит-хлоритовой массы. Конкрекции и жеоды обычно окрашены в темнобурые цвета. Размеры их колеблются от 3—

Таблица 6

руд Аккермановского месторождения, бороздовые пробы (в %)

CaO	MgO	NiO	CoO	S	$P_2O_5$	$H_2O$	Сумма	В том числе:		
								Ni	Co	Fe
0.98	1.94	0.60	0.00	0.25	0.11	13.39	100.08	0.47	0.00	25.29
1.12	2.19	0.82	0.00	0.04	0.29	14.35	100.10	0.62	0.00	23.84
0.81	1.48	0.87	0.04	0.20	0.04	13.51	100.11	0.65	0.03	25.73
0.92	1.57	0.90	0.04	0.06	0.05	14.06	99.80	0.70	0.03	24.01
0.38	2.25	0.48	0.05	0.05	0.26	13.01	100.43	0.38	0.04	24.99
3.70	1.90	0.44	0.05	0.05	0.15	12.29	98.56	0.35	0.04	27.13
2.27	1.94	0.30	0.025	0.03	0.22	9.06	100.655	0.24	0.02	25.85
0.54	3.27	0.37	0.04	—	—	14.61	100.94	0.29	0.03	27.47
0.03	1.26	0.11	0.012	0.05	0.23	12.34	98.97	0.10	0.01	27.97
0.57	1.36	0.37	0.064	0.09	0.30	14.00	100.11	0.29	0.05	—
1.19	0.49	0.39	0.00	0.21	0.22	10.97	100.35	0.30	0.00	33.74

## Спектральные анализы гидрогетит-хлоритовых охристо-песчанистых руд

№ разведоч. линий	№ дудок	№ проб	Л и н и и   с п е к т р а							
			Be	Mn	Cu	Cr	Mg	Ti	Co	Ni
1	13a	1	Нет линий	Средн. яркости	Нет линий	Средней яркости	Средней яркости	Слабые линии	Следы линий	Средней яркости
8	5a	1	Следы линий	То же	Слабые линии	То же	То же	То же	То же	То же
8	4a	1	То же	„	То же	Слабые линии	„	„	„	„
8	7a	1	„	„	„	Средней яркости	Интенсив. лин.	„	„	„
8	7a	4	„	„	„	То же	То же	„	„	„
8	7a	6	Нет линий	„	„	„	„	Следы линий	„	„
8	10a	6	То же	Слабые линии	„	„	Средней яркости	То же	Нет линий	„
8	7a	8	„	Средн. яркости	„	„	То же	Слабые линии	То же	„

Анализы производились в полевой спектроскопической лаборатории Южно-Уральской экспедиции в 1938 г. Н. В. Лизуновым и Л. В. Индиченко.

5 см до 10—15 см. Форма бывает округлой, округло-угловатой и неправильной. В конкрециях ряд концентратов окружает ядро в виде зерна или гальки; жеодистые образования полые или выполнены рыхлой охристой массой. Стенки полостей иногда бывают покрыты мелкозернистым кварцем.

Конкреции и жеоды по большей части состоят из гидрогетита, реже из гидрогематита и пиролюзита. В малых количествах встречаются эренвертит, кварц, кальцит и халцедон.

## Химический состав гидрогетит-хлоритовых конкреционно-жеоды

№ разведочных линий	№ дудок	№ проб	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	CaO
8	10a	10	13.08	—	6.97	2.69	60.30	0.23	0.20	0.37
8	10a	12	14.44	0.12	7.02	2.31	58.53	0.34	0.06	0.57
1	19a	4	17.05	0.26	10.64	2.30	51.89	0.08	0.42	2.37
1	19a	5	16.24	0.35	10.00	2.39	53.02	0.15	0.30	2.56
1	19a	6	23.40	0.47	13.36	2.47	42.14	0.19	0.54	2.48
1	19a	7	20.48	следы	8.41	1.40	54.46	0.15	0.60	1.87
1	19a	8	17.84	—	11.68	1.01	53.10	0.08	0.24	0.54
1	19a	10	16.34	0.22	9.94	1.03	55.68	0.15	1.14	0.55
1	19a	13	15.56	0.20	10.14	0.79	55.90	0.30	0.72	0.37
8	13к	5	17.46	0.22	12.86	2.08	51.93	0.00	1.09	0.69
1	4a	6	19.60	0.45	16.66	2.24	45.88	0.00	0.16	0.03
1	4a	4	14.04	0.25	7.80	2.05	55.02	следы	1.86	0.12
1	15a	4	14.95	0.45	15.14	6.83	47.11	0.07	0.35	0.04
1	15a	9	13.08	0.47	10.26	2.25	59.30	0.03	0.30	0.22
5	7	2	12.92	0.35	7.99	1.63	57.78	0.03	2.76	0.59
5	7	4	14.04	0.25	7.80	2.05	55.02	следы	1.86	0.12

Химические анализы производились в полевой лаборатории Южно-Уральской

Ядра в конкрециях могут быть рудные (гидрогетит или гидрогематит) и нерудные (кварц или кремнистые породы). Иногда они представлены обломками кварцево-серицитовых сланцев, радиоляриевыми кристаллическими силицитами и кварцевыми песчаниками или рыхлой охристой массой.

Гидрогетит, слагающий конкреции и жеоды, представлен микрзернистой и игольчато-волокнуистой разностями. Микрзернистый гидрогетит образует в конкрециях по большей части концентрические плотные корки, чередующиеся с рыхлой охристой массой. Волокнистый гидрогетит обычно образует корки в жеодах, в которых под микроскопом хорошо видны зоны нарастания.

Химический состав гидрогетит-хлоритовых конкреционно-жеодистых руд представлен в табл. 8. В большинстве этих руд количество  $Fe_2O_3$  достигает 50—55%, иногда 60%. Содержание  $MnO$  изменчиво, в некоторых образцах превосходит 1—2%.

Спектральные анализы конкреционно-жеодистых руд приведены в табл. 9. Как видно, в спектрах обнаруживаются слабые линии меди. Никель дает линии средней и яркой интенсивности. Кобальт дает слабые линии или вовсе не дает их.

Конкреционно-жеодистые руды распространены в центральной части рудной площади, к югу и юго-востоку от известнякового карьера.

Гидрогетит-хлоритовые бобово-оолитовые руды состоят из бобовых и значительно более редких оолитовых образований, галек и зерен, сцементированных гидрогетит-хлоритовой массой. Концентрируются бобы в цементирующей массе неравномерно; в одних случаях они редко рассеяны, в других сконцентрированы густо (фиг. 6).

Бобы и оолиты имеют округлую или овальную форму. Размеры их колеблются от 0.05 до 4—5 мм в диаметре. Ядра оолитов представлены зернами гидрогетита, реже гидрогематита, магнетита, хромшпинелида или сгустками эренвертита, хлорита, гидраргиллита. Концентры, обволакивающие ядра в оолитах, состоят из гидрогетита и побуревшего железистого хлорита. Бобовые образования, в отличие от оолитов,

Таблица 8  
Состав руд Аккермановского месторождения, бороздовые пробы (в %)

MgO	NiO	CoO	S	$P_2O_5$	+ $H_2O$	Сумма	В том числе		
							Fe	Ni	Co
1.75	0.40	0.025	—	—	14.94	100.98	42.21	0.30	0.02
1.98	0.30	0.01	0.13	0.24	14.00	100.05	40.97	0.24	0.01
1.29	0.29	0.04	0.06	0.23	12.99	99.91	36.32	0.23	0.03
1.08	0.29	0.04	0.05	0.59	13.66	100.72	37.11	0.23	0.03
1.25	0.19	0.025	0.25	0.27	13.76	100.79	29.49	0.15	0.02
1.92	0.21	0.04	0.05	0.20	11.28	100.07	38.12	0.17	0.03
1.48	0.48	0.04	—	—	14.49	100.98	37.17	0.38	0.03
0.86	0.71	0.15	0.08	0.31	13.35	100.56	38.97	0.56	0.12
1.28	0.87	0.09	0.20	0.36	14.06	100.84	39.13	0.66	0.07
0.64	0.68	0.09	0.03	0.11	12.67	100.55	36.35	0.53	0.07
1.09	0.10	0.01	0.05	0.26	13.11	99.64	32.11	0.08	0.01
2.03	0.87	0.03	0.04	0.25	13.34	97.70	38.51	0.57	0.02
2.18	0.28	0.04	0.16	0.07	11.42	99.09	32.97	0.22	0.03
0.86	0.29	0.04	0.07	0.23	12.04	99.44	41.51	0.23	0.03
0.36	1.36	0.11	0.02	0.25	12.79	98.94	40.44	1.06	0.03
2.03	1.12	0.05	0.04	0.25	12.26	96.89	38.51	0.87	0.03

## Спектральные анализы гидрогетит-хлоритовых конкреционно-жеодистых руд Аккермановского месторождения

№ разведочных линий	№ дудок	№ проб	Л и н и и   с п е к т р а										
			Be	Mn	Cu	Cr	Mg	Si	Fe	Al	Ti	Co	Ni
1	15а	2	Нет линий	Слабые линии	Слабые линии	Слабые линии	Средней яркости	Средней яркости	Интенсивные линии	Средней яркости	Нет линий	Нет линий	Средней яркости
1	19а	6	То же	То же	То же	То же	То же	То же	То же	То же	То же	То же	То же
1	15а	7	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
1	19а	11	"	Средней яркости	"	"	"	"	"	"	Следы линий	Слабые линии	"
1	19а	17	Следы линий	То же	"	Средней яркости	"	Интенсивные линии	"	"	Слабые линии	То же	Интенсивные линии
8	10а	2	Нет линий	Слабые линии	"	Слабые линии	"	То же	"	"	Нет линий	Следы линий	Средней яркости
1	13а	2	То же	То же	"	То же	Слабые линии	Средние линии	"	"	То же	Нет линий	То же
8	10а	12	"	"	"	"	То же	Интенсивные линии	"	Интенсивные линии	Интенсивные линии	То же	"

Спектроскопические анализы выполнялись в полевой лаборатории Южно-Уральской экспедиции в 1938 г. Н. В. Лизуновым и Л. В. Индиченко.

имеют сплошное строение, но состоят из тех же минералов, что и оолиты.

В бобово-оолитовых рудах очень часто встречаются рудные гальки, представленные плотным гидрогетитом или бобовыми и гидрогетит-хлоритовыми рудами, и нерудные, состоящие из кварца, яшмовидных и кремнистых пород. Гальки обычно полукатаны, величиной от 1 до 2 см в поперечнике. Песчанистый материал представлен зернами кварца, частицами слюды, каолинита и чешуйками хлорита. Цементирующая масса состоит из гидрогетита и железистого хлорита. Гидрогетит частью желтоватый охристый порошокватый, но обычно желтовато-бурый плотный и микрозернистый. Хлорит зеленовато-бурый, изотропный, реже микрочешуйчатый. По большей части хлориты обохрены и замещены гидроокислами железа. Местами в руде наблюдаются прожилки грязно-белого мелкопластинчатого гипса.

Бобово-оолитовые руды на Аккермановском месторождении не имеют широкого распространения. В дудке 19а по меридиональной линии 1—1 они обнаружены в самых верхних горизонтах рудной толщи на глубине от 6 до 9 м. Здесь мощность их составляет около 3 м. В дудке 17а по той же разведочной линии бобово-оолитовая руда пройдена на глубине от 20.40 до 22.40 м. В дудке 4а (по линии 1—1) в южной части месторождения эта руда залегает на глубине от 4 до 5 м.

Химические анализы бобово-оолитовых руд приведены в табл. 10. Как видно из таблицы, бобово-оолитовые руды отличаются повышенным содержанием железа.

Гидрогетит-пирролюзитовые порошокватые и конкреционно-жеодистые руды. Руды этого типа состоят из окристо-песчаной гидрогетитовой массы, в большей или меньшей мере обогащенной черной марганцовистой порошокватой массой, а также конкрециями и жеодами, состоящими из гидрогетита и пирролюзита. Местами наблюдаются мельчайшие прожилки и гнезда псиломелан-вада. Присутствие марганца придает руде буровато-черный цвет.

Марганцовистые минералы представлены здесь двумя разновидностями: аморфной порошокватой массой и кристаллической. На основании рентгеновских анализов Н. М. Кеппен (1937) относит первую разновидность к коллоидным марганцовистым образованиям, а вторую — к пирролюзиту. Обе разновидности обладают марающей способностью.

Некоторые конкреции и жеоды состоят почти нацело из мелкокристаллического пирролюзита. Размеры отдельных кристаллов достигают до 2—3 мм в поперечнике. Но обычно на ряду с пирролюзитом встречается микрокристаллический и игольчато-волокнистый гидрогетит. Последний резко выделяется на фоне стально-серой пирролюзитовой массы своим шелковистым блеском. Иногда в гидрогетитовых конкрециях встречаются каверны, которые частично или сплошь бывают заполнены мелкозернистым пирролюзитом.

Таблица 10

Химический состав гидрогетит-хлоритовых борзово-оолитовых руд, борзодозые пробы (в %)

Компоненты	Л. 1, д. 19а, пр. 1	Л. 1, д. 19а, пр. 2	Л. 1, д. 19а, пр. 3	Л. 1, д. 4, пр. 2
SiO <sub>2</sub> . . . . .	8.10	5.84	9.88	18.18
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.28	следы	0.21	0.64
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	6.88	6.27	8.92	14.29
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2.31	1.96	2.21	3.50
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	66.26	70.92	62.51	47.52
FeO . . . . .	0.23	0.08	0.22	0.03
MnO . . . . .	0.34	0.39	0.42	0.16
CaO . . . . .	0.68	2.18	2.33	0.04
MgO . . . . .	1.84	1.01	1.04	2.17
NiO . . . . .	0.23	0.30	0.46	0.26
CoO . . . . .	0.01	0.07	0.03	0.01
S . . . . .	0.06	0.09	0.28	0.01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.27	0.33	0.29	0.39
±H <sub>2</sub> O . . . . .	12.13	11.23	11.10	12.26
Сумма . . . . .	100.71	100.67	99.93	99.46
Ni . . . . .	0.18	0.24	0.37	0.21
Co . . . . .	0.01	0.06	0.05	0.01
Fe . . . . .	47.08	49.64	43.75	33.26

Химические анализы выполнены химической лабораторией Южно-Уральской экспедиции АН СССР (1938).

Встречающиеся в этих рудах кварцевые, кремнистые и яшмовидные гальки и щебень известняка бывают частично замещены мелкозернистым стально-серым пирролюзитом.

Химический состав борзодозовой пробы, взятой из слоя железной руды (проба 7, дудка 13к), обогащенной порошокватым марганцем, но не содержащей конкреций пирролюзита, приведен в табл. 11.

По данным частичных химических определений количество в конкрециях и жеодах достигает 68.64%.

По наблюдениям Н. М. Кеппен в верхних частях толщи железные руды почти не содержат марганца, который концентрируется в значи-

Таблица 11

## Химический состав железной руды, обогащенной марганцем

Компоненты	Колич.	Компоненты	Колич.
SiO <sub>2</sub> . . . . .	16.74	MgO . . . . .	3.61
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.47	NiO . . . . .	0.96
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	7.83	CoO . . . . .	—
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	50.52	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.20
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1.75	S . . . . .	0.15
FeO . . . . .	0.00	H <sub>2</sub> O . . . . .	13.33
MnO . . . . .	3.71		
CaO . . . . .	0.27	Сумма . . . . .	99.54

тельном количестве в нижних горизонтах, непосредственно на известняке. Эта закономерность подтверждается и нашими исследованиями. Однако следует указать, что марганцовистые руды распространены не на всей рудной площади, а лишь только на отдельных ее участках. Значительное скопление марганцовистых руд отмечается к югу от известнякового карьера по разведочной линии 5, где в дудках 7, 9 и 10 мощность этих руд достигает 3 м. Небольшие гнезда марганцовистых руд иногда встречаются и в средних горизонтах толщи среди гидрогетит-хлоритовых конкреционно-жеодистых руд, в разных местах рудного участка.

## Промышленные типы и запасы руд

Аккермановские железные руды по своему составу аналогичны рудам халиловского типа. От обычных железных руд они отличаются тем, что содержат в своем составе целый ряд легирующих примесей: кобальт, никель, хром, ванадий, титан, марганец. (Спектроскопические исследования показывают содержание в них меди и ванадия.) Наличие всех этих примесей позволяет отнести данные руды к комплексным хромо-никелевым рудам, пригодным для получения низколегированных чугунов и качественных сталей.

Для промышленной оценки подобных руд важно знать количественные соотношения между отдельными компонентами, входящими в их состав. Например, трест Чугунлеги́р до 1939 г. к халиловским комплексным рудам предъявлял требование отношения хрома к никелю не более чем 3:1. Однако осенью 1939 г. были найдены пути использования и так называемых хромистых железных руд, в которых отношение хрома к никелю может быть 5:1. На ряду с этим должны учитываться также и требования горняков на возможность макроскопического выделения различных типов руд при их селективной добыче.

Учитывая указанные выше требования, нами выделены следующие промышленные типы руд: 1) хромистые комплексные железные руды; 2) хромо-никелевые комплексные железные руды; 3) марганцовистые комплексные руды.

Хромистые комплексные железные руды. К этому типу относятся: а) гидрогетит-хлоритовые конкреционно-жеодистые руды, б) гидрогетит-хлоритовые бобово-оолитовые руды. Оба типа руды легко различаются по своему характерному строению.

Для конкреционно-жеодистых руд удельный вес около 3.0—3.3, крепость средняя, мощность непостоянная от 0 до 8—10 м и более, в зависимости от размера тех карстов, которые выполняются рудой. Этот тип руды пользуется на месторождении большим распространением.

Химический состав руды приведен в табл. 12, составленной по хи-

мическим анализам 17 бороздовых проб. Как видно из таблицы, средний состав этих руд показывает вполне удовлетворительное их качество как по содержанию в них железа (Fe 37.36%), кремнезема (SiO<sub>2</sub> 16.31%), глинозема (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 10.26%), так и по наличию в них легирующих примесей хрома, никеля, кобальта и других металлов.

Таблица 12

Средний химический состав аккермановских железных руд (в %)

Компоненты	Хромистые комплексные железные руды		Хромо-никелевые комплексные железные руды	Марганцовистые железные руды
	конкреционно-железистые (по 17 пробам)	бобово-оолитовые (по 4 пробам)	охристые песчаные (по 11 пробам)	охристо-песчаные (без конкреций пирролюзита)
SiO <sub>2</sub> . . . . .	16.31	10.50	29.42	16.74
TiO <sub>2</sub> . . . . .	0.25	0.37	0.55	0.47
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	10.36	9.09	12.86	7.83
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	53.34	62.05	39.41	50.52
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	2.19	2.48	1.08	1.75
FeO . . . . .	0.11	0.14	0.21	0.0
MnO . . . . .	0.95	0.33	0.35	3.71
CaO . . . . .	0.75	1.31	1.09	0.27
MgO . . . . .	1.45	1.26	1.79	3.61
NiO . . . . .	0.55	0.31	0.44	0.96
CoO . . . . .	0.06	0.03	0.03	—
S . . . . .	0.09	0.11	0.03	0.15
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0.25	0.32	0.18	0.22
H <sub>2</sub> O . . . . .	13.37	11.95	13.09	13.33
Fe . . . . .	37.36	43.43	26.60	35.36
Ni . . . . .	0.43	0.25	0.39	0.75
Co . . . . .	0.05	0.02	0.02	—
Cr . . . . .	1.049	1.68	0.73	1.19

Отношения между различными компонентами представлены в следующем виде: Cr : Ni = 2.3; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : SiO<sub>2</sub> = 0.64; на один процент железа (Fe) приходится: хрома (Cr) 0.028%, никеля (Ni) 0.012%.

Другой тип хромистых руд представлен гидрогетит-хлоритовыми бобово-оолитовыми рудами, мощность пласта местами достигает от 1 до 3 м. Эти руды на месторождении имеют небольшое распространение. Приведенные в табл. 12 данные о их химическом составе показывают промышленное содержание железа (Fe 43.43%) и отчасти хрома (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2.48%). Количество кремнезема около 10%. Содержание глинозема также около 10%. Отношение Cr : Ni = 6.7; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : SiO<sub>2</sub> = 1; на один процент железа приходится Cr 0.038, Ni 0.0056%.

Хромо-никелевые комплексные руды. К этому типу относятся гидрогетит-хлоритовые охристо-песчаные руды. Руда по большей части довольно рыхлая, но бывает и более крепкой. Удельный вес около 2.5, мощность местами достигает 15—20 м. Этот тип руды пользуется самым большим распространением на месторождении. Следует отметить, что в толще этих руд местами встречаются прослойки песчано-алевритовых и глинистых отложений, а также кварцевые гальки и валуны.

Химический состав этих руд (табл. 12) характеризуется пониженным содержанием Fe (в среднем 26.60%) и повышенным содержанием кремнезема (29.42%) и глинозема (13.86%). Эти руды не выдерживают кондиций ГУМП и должны быть отнесены к низкосортным рудам, требующим обогащения. Однако ценность руды заключается в том, что она

содержит ряд легирующих примесей, как-то: никель, хром, кобальт и другие, в которых отношение  $Cr : Ni = 1.8$ .

**Марганцовистые комплексные железные руды.** Сюда относятся богатые марганцем разности грубослоистых охристо-песчанистых гидрогетит-хлоритовых и конкреционно-жеодистых руд. Марганец выделяется в этих рудах в виде порошковатой рыхлой массы конкреций, жеод и неправильной формы скоплений. Марганец замещает также гальки различных пород и щебень известняка. Марганцовистые руды залегают по большей части в самых нижних горизонтах рудной толщи на контакте или на некотором расстоянии от подстилающих руду известняков. Марганцовистые железные руды содержат  $Fe_2O_3$  50.52%,  $SiO_2$  16.7%,  $Al_2O_3$  7.83%,  $MnO$  от 2.00 до 3.70%, а также никель, кобальт, хром и титан. Марганцовистые руды имеют небольшое распространение. По своему характеру залегания в нижних горизонтах они удобны для селективной добычи.

**Запасы руд.** Разведочные работы, проводившиеся Орско-Халиловской геолого-разведочной базой в 1932—1933 гг. на Аккермановском железорудном месторождении, закончены не были. Материалы разведочных работ остались не обработанными и запасы по месторождению не подсчитывались. По данным С. Д. Батищева-Тарасова запасы определяются по категориям  $B + C_1 + C_2$  в количестве около 50 млн. т руды.

### Распределение отдельных химических компонентов в рудной толще

Выводы о характере распределения химических компонентов в рудной толще мы даем на основании химических анализов бороздовых проб, взятых по разведочным выработкам из разных мест рудной площади. Среднее содержание различных компонентов дается как среднее арифметическое: а) для охристо-гидрогетит-хлоритовых песчанистых руд по 11 пробам, б) для гидрогетит-хлоритовых конкреционно-жеодистых по 17 пробам и в) для бобово-оолитовых руд по 4 пробам.

Изучая характер распределения компонентов по вертикальным и горизонтальным направлениям, мы устанавливаем для некоторых компонентов вполне определенную закономерность их поведения в рудной толще.

**Железо.** Содержание железа в различных типах руд неодинаковое и зависит от концентрации бобов, оолитов, конкреций, жеод, прожилок, состоящих главным образом из гидрогетита, которые встречаются в рудной толще в разных количествах. В зависимости от распределения в рудной толще этих образований железо концентрируется то в самых верхних горизонтах рудного тела, то в средних, или нижних. Высокое содержание железа (45.63%) отмечается в бобово-оолитовых рудах, которые залегают обычно в верхних горизонтах рудного тела. В гидрогетит-хлоритовых конкреционно-жеодистых рудах железо достигает 37.36%. Гидрогетит-хлоритовые охристо-песчанистые руды отличаются пониженным содержанием железа (26.60%).

**Глинозем.** Содержание глинозема почти во всех типах руд в основном повышается с глубиной. Гидрогетит-хлоритовые охристо-песчанистые руды от остальных типов руд отличаются несколько повышенным содержанием глинозема: в них  $Al_2O_3$  в среднем достигает около 13.86%. Остальные типы руд характеризуются несколько более низким содержанием глинозема, количество которого составляет около 10%.

**Кремнезем.** Содержание кремнезема в рудах зависит главным образом от количества кварцевых галек, песчинок, которые рассеяны в рудной массе неравномерно, вследствие чего и концентрация кремнезема в различных рудах неодинаковая. Местами сосредоточена в верхних горизонтах, местами в средних, или в нижних. Содержание кремнезема довольно больших пределов достигает в гидрогетит-хлоритовых

охристо-песчанистых рудах (29.42%), в остальных типах руд оно колеблется от 10.50 до 16.74%.

Титан встречается во всех типах руд в незначительных количествах и распределяется в рудной толще неравномерно, концентрируясь то в нижних горизонтах, то в средних. Наибольшая концентрация окиси титана отмечается в гидрогетит-хлоритовых охристо-песчанистых рудах, в которых содержание  $TiO_2$ , связанной, повидимому, с глинистыми про- слоями, составляет от 0.10 до 0.64%.

Хром. Содержание хрома в рудной толще изменчиво, но все же намечается его приуроченность главным образом к верхним горизонтам рудного тела. Хром связан с хромшпинелидами, которые в рудах встречаются в виде отдельных зерен. Некоторое увеличение хрома наблюдается в бобово-оолитовых рудах (1.69%) и в конкреционно-жеодистых рудах (1.04%). В гидрогетит-хлоритовых охристо-песчанистых рудах содержание хрома составляет 0.73%.

Марганец концентрируется в разных количествах и приурочен главным образом к нижним горизонтам рудной толщи, граничащим с известняками. Марганец связан с пиролюзитом и псиломелан-вадом, которые встречаются в виде примазок или налетов по трещинкам различных типов руд. Нередко вад концентрируется в гидрогетитовых жеодах или конкрециях, поэтому и наибольшее содержание  $MnO$  достигает в конкреционно-жеодистых рудах, где количество его колеблется от 0.06 до 3.71%. В пиролюзитовых конкрециях содержание  $MnO_2$  достигает 68.64% (обр. 11, д. 13к. л. 8). В остальных типах руд  $MnO$  встречается в незначительных количествах: в бобово-оолитовых рудах 0.33%, в охристо-песчанистых 0.35%.

Кальций. Содержание  $CaO$  распределяется неравномерно, но в охристо-песчанистых рудах удалось установить, что оно увеличивается с глубиной, особенно около выходов известняка. Количество  $CaO$  в этих рудах колеблется от 0.03 до 3.70%. Иногда в рудной толще встречаются обломки известняка, которые повышают содержание  $CaO$ . В бобово-оолитовых рудах количество  $CaO$  достигает 1.31%, а в конкреционно-жеодистых рудах 0.75%.

Магний. Во всех типах руд распределение  $MgO$ , связанной с хлоритами, неравномерное. Среднее содержание  $MgO$  в охристо-песчанистых рудах составляет 1.79%, в конкреционно-жеодистых рудах 1.45%, в бобово-оолитовых 1.26%.

Никель. Почти во всех типах руд наблюдается увеличение содержания никеля в нижних горизонтах рудной толщи. Никель связан с рединскимитом, который встречается в рудах в виде небольших гнезд или тончайших прожилков, примазков. Наибольшее содержание никеля достигает в конкреционно-жеодистых (1.43%) и в охристо-песчанистых (0.39%) рудах. В бобово-оолитовых рудах он встречается в незначительных количествах (0.25%).

Кобальт. Содержание кобальта, так же как и никеля, увеличивается с глубиной. Встречается он в рудах в количествах от 0.02 до 0.05%. Повидимому, он связан с марганцем (асболан-вад).

Сера. Содержание  $S$  во всех типах руд незначительное (0.09—0.11%) и распределяется неравномерно. Сера в рудной толще встречается в сульфатной форме и связана с гипсом, который главным образом встречается в охристо-песчанистых рудах в виде мелких кристалликов, образующих небольшие скопления как в верхних горизонтах рудной толщи, так и в нижних.

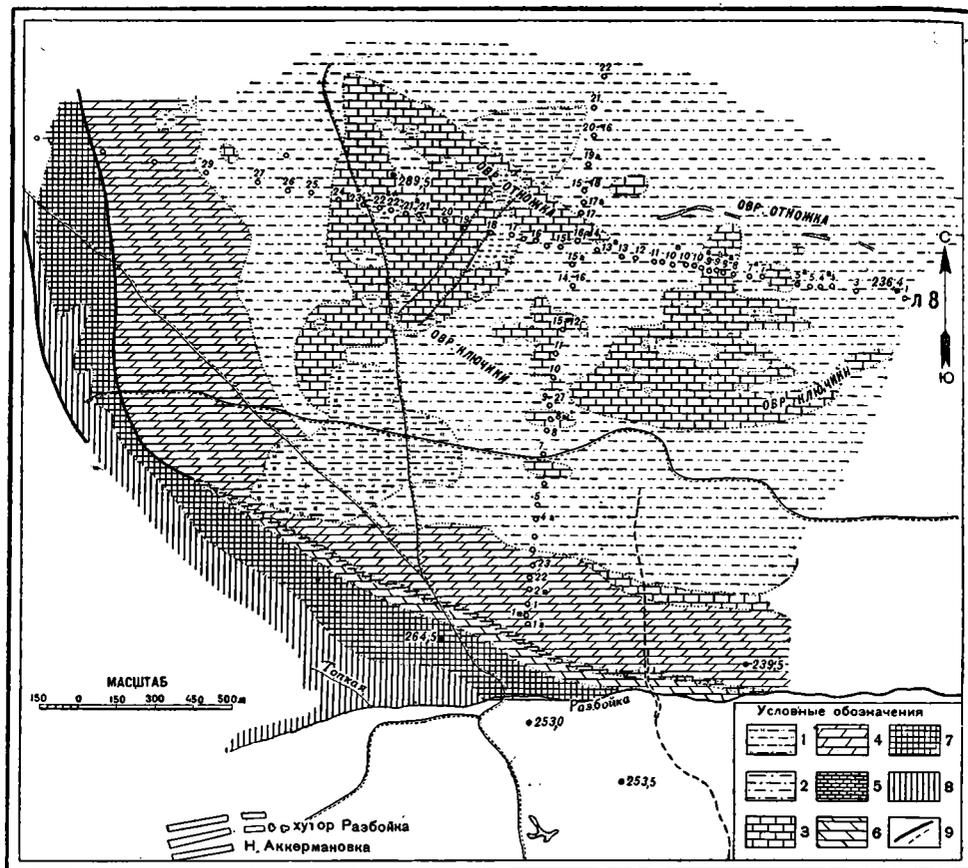
Фосфор распределяется также неравномерно в рудной толще, причем содержание его во всех типах руд колеблется в узких пределах от 0.18 до 0.32%.

Ванадий обнаружен во всех типах руд в сотых долях процента

(0.01 — 0.09%), ограниченное число анализов не дает возможности судить о местах и условиях его концентрации.

Кроме вышеперечисленных окислов и элементов в аккермановских железных рудах спектроскопическим методом (в виде следов линий) были обнаружены медь и бериллий, последний в охристо-песчанистых рудах.

Таким образом, сравнивая Аккермановское железорудное месторождение с прочими месторождениями халиловского типа, мы находим для них целый ряд общих черт, характеризующих однотипность этих месторождений, а именно:



Фиг. 9. Геологическая карта Аккермановского железорудного месторождения. Составил Г. И. Теодорович. 1938 г.

1 — верхнеплиоценовые глины, отчасти алевроиты, нефиты; 2 — юрские рудные — отчасти нерудные отложения; 3 — известняки визе (+ намюр); 4 — известняково-кремнисто-глинистая толща турне-визе; 5 — известняки низов нижнего карбона; 6 — известняки фаменского яруса; 7 — кремнистые породы (силициты)  $D_3^1$ ; 8 — кремнистые породы (силициты)  $D_2$ ; 9 — линии разломов.

а) Генетическая связь данных месторождений с древней корой выветривания серпентинитовых массивов, о чем свидетельствует наличие в рудах обломочных зерен хромшпинелидов, магнетита, обломков обохренных серпентинитов, а также почти постоянное содержание в них хрома, никеля и кобальта.

б) Грубослоистый характер руд.

в) Наличие сходных бобовых и оолитовых образований в рудной толще.

г) Карстовый характер подстилающих руду пород.

д) Комплексный характер химического состава руд.

На ряду с этими общими чертами для Аккермановского месторождения характерны и некоторые отличительные черты, которые в основном выражаются в следующем:

1) Рудная толща залегает здесь на известняках, в то время как на остальных Халиловских месторождениях рудная толща залегает главным образом на серпентинитах.

2) Наличие в рудной толще большого количества конкреций и жеод гидрогетита и пиролюзита, тогда как в других Халиловских месторождениях встречаются в небольшом количестве, и то только конкреции и жеоды гидрогетита, еще реже гидрогематита.

3) Наличие в аккермановских рудах прожилков и гнезд гипса и барита, тогда как в других Халиловских месторождениях гипс в виде столбчатых агрегатов встречается только в рудном элювии (Орловка).

4) Отсутствие здесь тонкослоистых гидрогетит-хлоритовых руд, которые на Халиловских месторождениях пользуются довольно широким распространением.

### III. ПОКРЫВАЮЩИЕ ЮРСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ РАЙОНА ХАЛИЛОВСКИХ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ<sup>1</sup>

(Г. И. Теодорович)\*

Юрские отложения Орско-Халиловского района представляют большой интерес с литологической точки зрения, несмотря на то, что с первого взгляда глаз не улавливает в разрезах их никакой закономерности. В настоящей работе мною приводятся фактические данные по изучению литологии этих отложений и делается попытка представить картину их формирования.

На изученной территории Орско-Халиловского района распространен преимущественно тот комплекс юрских отложений, который получил от П. Л. Безрукова и А. Л. Яншина (1934) название «хайбуллинской свиты», тогда как зирен-агачская свита играет подчиненную роль. В районе посещенных нами железорудных месторождений халиловского типа мы имеем дело с более или менее периферическими осадками хайбуллинской свиты в пределах Баймакской синклинальной зоны. Этим объясняется, что находимая здесь в ряде мест флора указывает на верхне-лейасовый возраст вмещающих ее отложений, тогда как более глубокие и стратиграфически низкие горизонты хайбуллинской свиты, располагающиеся в центральных частях Баймакской депрессии, как указывал уже А. Л. Яншин, отвечают видимо не только более низким горизонтам нижней юры, но вероятно и триасу, по крайней мере верхнему. Остатки юрской флоры хорошей сохранности были найдены в 1936 г. в надрудной толще Орловского железорудного месторождения, откуда В. Д. Принадой были определены нижеследующие формы:<sup>2</sup> *Cladophlebis muhdzarica* P r u n. (ex gr. *C. lobifolia* P h i l l.), *Cladophlebis* sp. ind., *Coniopteris muhdzarensis* P r u n., *C.* sp. ex gr., *C. hymenophylloides* B r o n e n., *Baiera angustiloba* H r., *Czekonocoshia rigiola* H r., *Pagiophyllum* sp. ex gr., *P. müenneri* (S c h e n k.). Кроме того в том же году было собрано небольшое количество остатков юрских растений в надрудных отложениях Мало-Халиловского, Промежуточного и Ново-Киевского месторождений: *Pityophyllum angustifolium* N a t h., *Schizolepis moelleri* S e w. Юрский возраст последних отложений был установлен ранее на основании сборов флоры А. В. Хабакова (1935<sub>2</sub>), Кокорева и Г. И. Кириченко (1935).

Если подойти к комплексу юрских отложений и характеру их разрезов с точки зрения того, что в северной части Баймакской депрессии — ближе к области сноса — должен чаще и в более широком развитии (площадном и по мощности) наблюдаться более грубообломочный материал и что сам разрез юрских отложений здесь должен быть в общем менее постоянным, то сразу многое становится понятным. С этой точки зрения, впервые сформулированной П. Л. Безруковым и А. Л. Яншиным (1934), понятно, что разрезы юрской толщи Ново-Петропавлов-

<sup>1</sup> Результаты изучения меловых и палеогеновых отложений района будут изложены в виде отдельных статей, не входящих в настоящий сборник.

<sup>2</sup> Эти остатки наземной флоры, располагающиеся среди субаквальной серой глины по ее наслоению, явно аллохтонны, причем принесены не издалека.

\* ИГН. Выпуск 67. Серия рудных месторождений (№ 6). 1941.

ского и Георгиевского месторождений должны быть наиболее изменчивыми, а лежащее к югу Ново-Киевское месторождение характеризуется хотя и изменчивым строением юрской толщи, но все же более постоянным, чем это имело место на площадях двух предыдущих месторождений. Здесь ясно выделяются 3 комплекса, носящих, однако, фациальный характер.

Юра более южных месторождений группы — Промежуточного, Мало-Халиловского и особенно лежащего к востоку Орловского — носит характер осадков, отложившихся если и не в одном очень крупном бассейне, то в нескольких уже достаточно больших по площади, но видимо неглубоких бассейнах озерного типа. В районе Орловского месторождения почти весь разрез хайбуллинской свиты складывается серыми глинами, алевроитовыми глинами и отчасти глинистыми алевроитами.

Изменения условий седиментации и характера юрских отложений происходили конечно не только в меридиональном направлении (которое естественно было главным), но и в широтном, поперечном оси Баймакской синклинальной зоны. Конечно, в более северных частях депрессии это влияние было несколько иным, чем в более южных.

В виду всего вышесказанного мы и строим дальнейшее изложение следующим образом: а) описываем хайбуллинскую свиту Орловского месторождения как пример осадков, связанных с более или менее спокойным, мелководным бассейном озерного типа; б) описываем юру Ново-Киевского месторождения как пример озерных осадков, отложившихся в более изменчивых условиях и в значительной части в более подвижных водах; в) кратко характеризуем юру Георгиевского месторождения как пример отложений потоков; г) в заключение даем описание отложений зирен-агачской свиты Орловского месторождения.

#### ХАЙБУЛЛИНСКАЯ СВИТА ОРЛОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В 1936 г. на Орловском месторождении железорудным отрядом экспедиции Академии Наук были пробиты две линии дудок: одна — широтная, через среднюю часть месторождения, и другая — меридиональная. Широтная линия дудок, которую я имел возможность осмотреть, позволяет говорить, повидимому, о расщеплении рудного тела, начиная от средней части разреза к западному его концу. Это расщепление рудного тела сопровождается появлением различно окрашенных своеобразных глинистых пород, причем между двумя «языками» рудного тела (нижним основным и верхним маломощным), помимо указанных пород, наблюдаются темносерые и серые глины обычного для хайбуллинской свиты Орловки типа. Меридиональная линия дудок 1936 г. и еще ранее составленные И. Л. Рудницким разрезы через месторождение показывают увеличение мощности надрудной толщи на площади месторождения с востока на запад (до 25—30 м) и с севера на юг (до 15—20 м), причем одновременно с увеличением мощности в составе надрудной юры обычно явно возрастает роль песков и алевроитов.

Юрские надрудные отложения Орловки состоят из трех комплексов. Нижний, только и распространенный на разведанной площади месторождения, складывается серыми различными оттенками глинами и алевроитовыми глинами, к которым в краевых частях месторождения присоединяются глинистые пески и алевроитовые породы. Указанная преимущественно глинистая толща покрывается к юго-востоку от площади месторождения полимиктовыми песчаниками и галечными конгломератами с карбонатным цементом. Между серыми глинами юры и толщей песчаников-конгломератов находится маломощная пачка, сложенная буровато-желтыми и красными алевроитовыми глинами. Песчаники и конгломераты, вскрытые каменоломнями, повидимому отвечают уже зирен-агачской

свите юры в понимании П. Л. Безрукова и А. Л. Яншина, которые приписывают последней среднеюрский возраст.

Окраска глин нижнего комплекса юры Орловки главным образом серая, различных оттенков, затем желтовато-серая, темносерая, светлосерая и буровато-серая, изредка серовато- или буровато-желтая, черная и ржаво-серая. Конституируется отсутствие белых, палево-желтых, палево-розовых, розовато-красных и красных алеврито-глинистых пород, обильно представленных, как мы увидим ниже, в юре Ново-Киевки. Желтоватые и буроватые тона в юре Орловки явно обусловлены вторичными изменениями окраски отложений, связанными с окислением как конкреций серного колчедана и караев сидерита, так и рассеянных включений  $FeS_2$ . Это подтверждается прежде всего тем, что желтоватые и буроватые тона в породах Орловки, как правило, распределены неравномерно, в виде неправильной формы участков или пятен. Другим доказательством вторичности серовато-желтых и оранжево-бурых тонов в этих глинах Орловки служит то, что в них местами, так же как и в серых глинах, содержатся мелкие углистые остатки, как правило отсутствующие среди желтых и красноватых пород юры Ново-Киевки. Мы распространяем заключение о вторичности желтоватых и буроватых окрасок не только на глины и алевритовые глины Орловки, но и на некоторые глинистые алевриты и алевритовые пески (желтовато-серые, буровато-желтые), а также на отдельные прослои песчаников и алевролитов юры Орловки, основываясь на присутствии в некоторых прослоях их отдельных мелких обломочков угля. Однако здесь это изменение окраски может быть результатом не только окисления первично рассеянных нестойких минералов (например, железистого хлорита в песчаниках), но и привноса гидроокислов железа (например, в некоторые алевриты и пески) из окружающих пород, подвергшихся выветриванию.

Таким образом, если отвлечься от вторично и неравномерно наложившихся буроватых, желтоватых и ржавых тонов, то можно сказать, что первоначально глины Орловки обладали серой, также темносерой и светлосерой, иногда черной окраской.

Серые глины обычно содержат мелкие обугленные растительные остатки и местами отпечатки листьев и стеблей растений, список которых был приведен выше. В отношении возраста флоры и вмещающих ее отложений В. Д. Принада писал: «он непосредственно по этому комплексу определен быть не может, и только по отсутствию древних элементов можно предполагать, что она не древнее верхов нижней юры и может колебаться до средней юры (бат)». Углистые остатки макроскопически обнаруживаются в большинстве юрских пород, развитых на площади месторождения. Микроскопически они неизменно констатируются в глинах описываемого комплекса. Глины Орловки по преимуществу алевритовые; сильно или слабо алевритовые и более или менее «чистые» глины встречаются реже. Весьма редко попадает песчаная глина. В глинах местами наблюдаются сидериты в виде плоских караев с периферической окисленной гидротетитовой зоной, местами мелкие конкреции серного колчедана (более или менее окисленные) и нередко гипс. Механический анализ довольно типичной серой алевритовой глины (Теодорович, 1938<sub>1</sub>) дал следующие результаты (%):

Ф р а к ц и и в м м					Песчан. частиц	Алевритовых частиц	Пелитовых частиц
> 0.25	0.25— 0.10	0.10— 0.05	0.05 0.01	< 0.01			
0.40	4.20	5.26	15.40	74.74	4.60	20.66	74.74

Основная масса глин и алевроитовых глин юры Орловки в шлифе почти бесцветная (обнаруживает слабый желтоватый оттенок), микро-чешуйчатая, анизотропная, в одних случаях приближается по составу к мономинеральной глине, а в других — обычно в сильно и среднеалевроитовых разностях — имеет более полимиктовый характер. Некоторые из более мономинеральных глин иногда обнаруживают под микроскопом текстурную раскристаллизацию.

Одна из серых юрских глин Орловки с мономинеральной микро-чешуйчатой основной массой подверглась специальному изучению. Последнее показало, что мы имеем здесь дело с минералом, обладающим  $Ni = 1.55-1.57$ ;  $Ng-Np = 0.010-0.013$ .

Химический анализ этой микрочешуйчатой массы (аналитик-химик ИГН—Р. А. Якубович) приведен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав микрочешуйчатой основной массы серой юрской глины

Компоненты	Вес. %	Пересчет на 100%	Поправки	Состав мономин. массы (в % породы)	Пересчет на 100%	Молек. колич. окислов	Молек. колич. групп окислов
SiO <sub>2</sub> . . .	51.16	49.24	12.72 <sup>1</sup>	36.52	43.86	0.7274	SiO <sub>2</sub> 0.7274
TiO <sub>2</sub> . . .	1.46	1.41	1.41 <sup>2</sup>	—	—	—	—
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . .	28.74	27.66	—	27.66	33.22	0.3250	} R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0.3368
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . .	4.02	3.87	2.30 <sup>3</sup>	1.57	1.89	0.0118	
FeO . . . .	1.55	1.49	—	1.49	1.79	0.0249	} RO 0.0959
CaO . . . .	0.82	0.79	—	0.79	0.95	0.0169	
MgO . . . .	1.88	1.81	—	1.81	2.18	0.0541	} R <sub>2</sub> O 0.0069
K <sub>2</sub> O . . . .	0.33	0.32	—	0.32	0.38	0.0040	
Na <sub>2</sub> O . . . .	0.16	0.15	—	0.15	0.18	0.0029	
+H <sub>2</sub> O . . .	9.88	9.51	0.31 <sup>4</sup>	9.20	11.05	0.6133	+H <sub>2</sub> O 0.6133
Сумма . . .	100.00	96.25	—	—	—	—	—
—H <sub>2</sub> O . . .	3.75	3.75	—	3.75	4.50	0.2498	—H <sub>2</sub> O 0.2498
		100.00 <sup>5</sup>	—	83.86	100.00	—	

Отношения между группами окислов

	SiO <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO	R <sub>2</sub> O	+H <sub>2</sub> O	—H <sub>2</sub> O
Вычисленные . . . . .	2.160	1.0	0.285	0.020	1.821	0.742
Приблизж. . . . .	2.15	1.0	0.3		1.8	0.75

Это позволяет говорить о следующей формуле нашего минерала:  
 $O \cdot 3RO \cdot R_2O_3 \cdot 2.15SiO_2 \cdot 1.8H_2O \cdot 0.75aq.$ <sup>6</sup>

Эта формула при сопоставлении с кривой нагревания (фиг. 1) и ве-

<sup>1</sup> Свободный кварц (и волокнистый кристаллический SiO<sub>2</sub>), определенный по методу Гаррисона (Harrison, 1933).

<sup>2</sup> TiO<sub>2</sub> вычитается, так как находится в тонкодисперсном и флокулированном виде

<sup>3</sup> Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> свободных гидроокислов железа (20%-ная солянокислая вытяжка, 2 часа на водяной бане; в этой же вытяжке Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 4.47%).

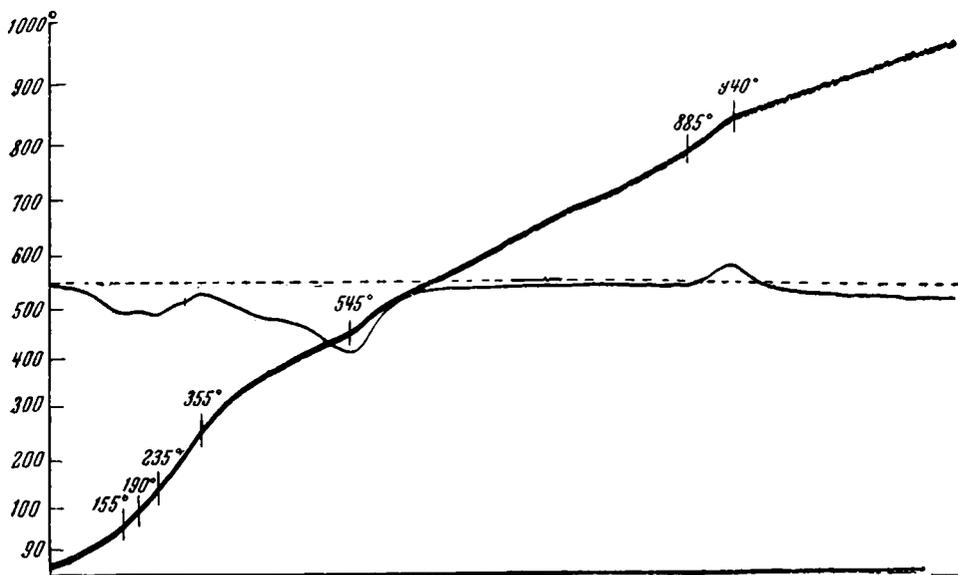
<sup>4</sup> H<sub>2</sub>O свободных гидроокислов железа (вычислено по Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

<sup>5</sup> Кроме того, в отдельной навеске определен Ni мет. = 0.05%.

<sup>6</sup> Из тех же молекулярных данных таблицы, если полагать, все Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> находится в свободном виде, получается приблизительно следующая формула:  
 $O \cdot 3RO \cdot Al_2O_3 \cdot 2 \cdot 25SiO_2 \cdot 1 \cdot 9H_2O \cdot 0.75aq.$

личинами N и Ng—Np позволяет считать, что наш минерал принадлежит к группе каолинита, в широком ее понимании, представляя вероятно переходную разновидность к левенгериту, характеризующемуся большей величиной отношения  $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$  и более высоким двупреломлением.

Однако далеко не всегда микрочешуйчатые частицы комплекса серых глин Орловки принадлежат практически только этому минералу. Наряду с последним могут в полиминеральных разностях присутствовать: щелочь содержащий каолинит (измененная белая слюда<sup>1</sup>),



Фиг. 1. Кривая нагрева микрочешуйчатой основной массы серой юрской глины Орловского месторождения

каолинит, белая слюда, реже — измененный<sup>2</sup> биотит (буроватый в шлифе), а в гораздо меньших количествах и хлорит и др. В состав пелитовых частиц может входить и кварц в виде физической глины.

Алевритовые частицы, помимо ранее указанных минералов, представлены зернами кварца, белой слюдой, местами и микроклином; редки обыкновенная роговая обманка, хлорит, биотит (бурый в шлифе), турмалин, гидрогетит-микрористаллические силицилиты (Теодорович, 1935<sub>2</sub>), биотит (зеленый в шлифе), магнетит, циркон, глаукофан, серицитовые сланцы, моноклинический пироксен, рутил, апатит, эпидот, гранат, хромшпинелиды, титанит и другие. В некоторых сильно алевритовых глинах алевритовый материал представлен главным образом различными чешуйчатými минералами, преобладающими над кварцем. В ряде глин содержатся мельчайшие выделения гидроокислов железа с неясными

<sup>1</sup> Белой гидрослюдой называют минеральные разности, которые занимают промежуточное положение (по химическому составу, оптическим свойствам и др.) между мусковитом (вообще белой слюдой) и каолинитом, представляя продукты гидратации белой слюды, в которых  $\text{R}_2\text{O}$  (обычно  $\text{K}_2\text{O}$ ) в значительной или в подавляющей части замещен  $\text{H}_2\text{O}$  (см. Райс, Глины, перевод под ред. В. И. Лучицкого, 1932). Наш щелочь содержащий каолинит представляет вероятно одну из конечных (на пути к каолиниту) разностей этого рода.

<sup>2</sup> Иногда попадаются аналогичные продукты изменения зеленого (в шлифе) биотита.

и неправильными контурами. В отдельных участках наблюдается желтовато-буроватая окраска, связанная с наличием тонкодисперсного гидрогетита. Прослой глин, имеющие макроскопически буровато-серую окраску, под микроскопом обнаруживают слабую пигментацию гидроокислами железа. Внутри этих прослоев находятся иногда тонкие (0.1—0.5 мм) темнубурые прослойки, обогащенные гидрогетитом. Ни рассеянного  $FeS_2$ , ни явных псевдоморфоз гидроокислов железа по пириту в просмотренных материалах обычно не наблюдается. Это объясняется видимо тем, что почти все изученные нами образцы представляют выветрелые и в значительной части окисленные породы.

В некоторых из глин юры Орловки, а именно содержащих псевдоморфозы по растительным остаткам в положении роста, встречаются аутигенные микроскопические включения гидроокислов железа, радиально-лучистого или перистого строения. Эти микровключения представляют, видимо, псевдоморфозы по звездчатой формы агрегатикам сидерита. В целом ряде серых глин наблюдаются очень мелкие углистые остатки, в случае удлиненной формы расположенные наибольшим измерением вдоль наслоения. Для серых глин юры характерна неясно-горизонтально-слоистая текстура. В единичных случаях в серых глинах отмечалось присутствие отдельных обломков макроспор.

Среди описываемых пород юры Орловского месторождения изредка встречаются отдельные маломощные прослой черной углистой глины. В шлифах видно, что глины эти содержат многочисленные очень мелкие и мельчайшие углистые остатки, а основная масса их пигментирована очень небольшим количеством неравномерно рассеянного органического вещества, видимо гуминовых соединений. В этих глинах попадаются мельчайшие форменные элементы углей оранжовато-буроватой (в шлифе) окраски, принадлежащие микроспорам.

Следует отметить, что в самой нижней части нерудных юрских отложений Орловки местами наблюдается маломощный прослой (10—15 см) зеленовато-серой, в той или иной мере хлоритовой (железистый хлорит) глинистой породы. В этой же нижней части юры обычно наблюдается в том или ином количестве переотложенный материал верхней части рудной толщи.

На преобладающей части площади месторождения мощность юры невелика и она представлена главным образом глинами и алевритовыми глинами с прослоями сильно алевритовых глин и редко сильно глинистых алевритов, а местами с небольшими прослоями песков и алевритов. Мощность юры возрастает к западной и южной, в меньшей мере к восточной границе месторождения. При этом отмечается в двух первых случаях появление и, затем, значительное развитие алевритов и песков, местами заключающих прослой буровато-желтых железистых песчаников или алевролитов.

Пески светлые желтовато-серые, серовато-желтоватые, желтые и светлосероватые, то более или менее чистые, то алевритовые, то глинистые. Алевриты обладают сходной окраской и являются сильно глинистыми, глинистыми и песчано-глинистыми. Помимо алевритов встречались и породы лишь с относительным преобладанием одного из компонентов, а именно алевритовых частиц, т. е. так называемые гипалециты (Теодорович, 1938<sub>1</sub>). Алевриты и гипалециты иногда содержат линзовидные и караваевидные участки, центральная часть которых сидеритовая, средняя — турьитовая, наружная — гидрогетитовая.

Рыхлые, песчаные и алевритовые породы юры Орловского месторождения могут быть охарактеризованы со стороны их гранулометрического состава двумя анализами (табл. 2).

Первый анализ принадлежит глинистому песку, второй — глинистому (или песчано-глинистому) гипалециту (Теодорович, 1938<sub>1</sub>).

Механический состав рыхлых пород Орловского месторождения

Место взятия обр.	Условия мех. анализ.	% содержания фракций					% содерж. обломочн. компонентов		
		> 0.25 мм	0.25 0.10 мм	0.10 0.05 мм	0.05 0.01 мм	< 0.01 мм	Песч. част.	Алевр. част.	Пелит. част.
Д. 6б, гл. 5.8 м	Без обра- ботки	35.37	34.75	2.45	1.40	26.03	70.12	3.85	26.03
Обн. 79—а, сл. В	То же	0.60	25.35	28.80	14.15	31.10	25.95	42.95	31.10

Иммерсионным путем в составе песчаных и алевритовых частиц песков и алевритов установлены в тяжелой порции: гидроокислы железа (главным образом гидрогетит), нерудные непрозрачные минералы, эпидот, белая слюда, магнетит, хлорит, обыкновенная роговая обманка, гранат, глаукофан, циркон, турмалин, рутил, биотит, тремолит-актинолит, пироксен. В легкой порции этих же пород: кварц, разложенные зерна, ближе неопределенные обломки пород, чешуйчатые глинистые минералы. Список минералов, входящих в состав песков и алевритов, может быть дополнен по данным шлифов — калиевым полевым шпатом (частью несомненно микроклином) и обломками очень мелкозернистых кварцевых силицилитов («микрокварциты»). Кроме того в шлифах видно, что пелитовые частицы песков и алевритов имеют микрочешуйчатое строение и по составу сходны с микрочешуйчатой основной массой глин. В некоторых образцах в очень небольшом количестве констатированы мельчайшие обрывки фюзенизированной древесины.

Главным образом в южной части площади Орловского месторождения среди пород хайбуллинской свиты имеются прослои алевритов и песков, местами переходящих в алевролиты и песчаники. Здесь встречены алевролиты и прослои буровато-желтого мелкозернистого полимиктового (кварцево-полевошпатово-слюдистого) песчаника, и те и другие с глинисто-железистым (гидрогетитовым) цементом. Как показывает микроскопия, некоторое участие в составе цемента может принимать железистый хлорит, большей частью, однако, выветрелый, окислившийся и сохранившийся лишь в виде единичных небольших участков.

Среди юрских пород хайбуллинской свиты, покрывающих рудное тело Орловского месторождения, встречен ряд минеральных образований: 1) сидериты; 2) железистые образования, представляющие, видимо, нацело окисленные сидериты; 3) конкреции серного колчедана; 4) стяжения гидроокислов железа, представляющие, видимо, нацело окисленные конкреции  $FeS_2$ ; 5) гипс; 6) почвенный  $CaCO_3$ ; 7) характерные конкреции по растительным остаткам в положении роста.

Сидериты наблюдались среди глин и сильно глинистых алевритов в виде караваевидных, линзовидных или овальных участков, внешняя зона которых обычно окислена, слагаясь гидроокислами железа, по преимуществу гидрогетитом и затем турьитом. Зона гидроокислов железа имеет полосчатую окраску. Сам сидерит серого цвета с голубоватым оттенком, обычно очень мелкозернистый (зерна от 0.02 до 0.10 мм или от 0.007 до 0.053 мм), образует главным образом удлиненные или неправильные, частью вытянутые зерна. Среди основной массы сидерита в не большом количестве присутствует тонкодисперсное глинистое вещество. Кроме того содержатся отдельные редкие алевритовые частицы кварца.

и очень редко — чешуйки белой слюды и минералов глин, а иногда и обломки калиевого полевого шпата. Среди сидерита содержатся очень мелкие, обычно вытянутые по наслоению обрывочки угля. Очень редки слабоокисленные зерна сидерита, а местами и примазки гидроокислов железа. Изредка в крайне небольшом количестве констатируется микрозернистый  $FeS_2$ , образующий мельчайшие агрегатки.

Нам думается, что сидериты возникали в верхних горизонтах уплотненного осадка, в условиях слабо восстановительной среды, а именно в таких горизонтах, в которые поступала  $CO_2$ , образующаяся на поверхности и в самой верхней зоне осадка в результате разложения органического вещества.

Железистые образования, представляющие вероятно нацело окисленные сидериты, находятся в тех же породах, что и лишь частью окисленные сидериты. Обычно они состоят из двух зон: внешней — гидрогетитовой, содержащей алевритовые и глинистые частицы, и внутренней — турьитовой, содержащей больше глинистых частиц, а также алевритовые. Иногда центральная часть железистого образования сложена светлосерым глинистым веществом, средняя зона — турьитом, внешняя — гидрогетитом. В эту же группу, видимо, следует относить попадающиеся и в алевритах железистые конкреции, состоящие из перемежающихся концентрических зон гидрогетита и турьита, содержащих алевритовые частицы.

Серный колчедан в виде отдельных небольших конкреций встречался в некоторых разведочных выработках среди алевритовых глин и затем в прослоях глинисто-песчаных алевритов (среди глин). Обычно внешняя тонкая зона конкреций гидрогетитовая (окисленный  $FeS_2$ ), а иногда в трещинках конкреции серного колчедана констатируются выделения гипса. Наблюдения над полированными шлифами показали, что изученные конкреции  $FeS_2$  сложены частью марказитом, частью пиритом. Редко наблюдались случаи развития  $FeS_2$  по обломкам фюзенизированной древесины.

Не вполне ясен вопрос о нахождении рассеянного  $FeS_2$  в юрских глинах. Микроскопически изучены были образцы юрских глин, испытывавших процессы выветривания. Кроме того, изучение полированных шлифов из конкреций  $FeS_2$  показало, что основная масса последнего во всех изученных образцах имеет преимущественно микрозернистое строение (из зерен, не превышающих 0.01 мм). В результате этого, имея дело с мельчайшими включениями в юрских глинах гидроокислов железа, представляющими, видимо, мельчайшие агрегатные включения нацело окислившегося  $FeS_2$ , не удается на основании формы этих выделений установить ясных псевдоморфоз по кристаллам марказита или пирита. Лишь очень редко были констатированы единичные очень мелкие включения  $FeS_2$ .

Отложение сульфида железа должно было происходить в резко восстановительной среде. Присутствие значительных количеств терригенного алевритового материала во всех зонах конкреций  $FeS_2$  позволяет думать, что они возникали при диагенезисе осадка в более низких, уже перекрытых новыми порциями ила горизонтах его. На это же указывает наличие конкреций  $FeS_2$  среди отдельных прослоев алевритов.

В отдельных дудках были встречены небольшие стяжения бурого железняка, которые, возможно, представляют нацело окисленные конкреции  $FeS_2$ . За правдоподобность последнего предположения говорит наличие у конкреций  $FeS_2$  внешней окисленной зоны, сложенной гидрогетитом, а также полное отсутствие у данных конкреций гидрогетита признаков полосатости окраски, свойственных обычно окисленным сидеритам.

Гипс находится главным образом в виде яснокристаллической разности, образующей рыхлые скопления чешуйчатых индивидов различного, иногда радиально-лучистого строения, и реже — в виде мучнистых

выделений. Последние, видимо, связаны с современным почвообразованием, так как находятся обычно на небольшой глубине от дневной поверхности, располагаясь ниже иллювиального карбонатного горизонта чернозема. Распространение янокристаллического гипса гораздо более широкое. Местами он вместе с мучнистым гипсом или без последнего залегает под карбонатным почвенным горизонтом С чернозема. Однако в целом ряде других случаев (в дудках) он был отмечен то на значительном интервале по вертикали (от подошвы горизонта С), то в виде двух горизонтов (одного подпочвенного и другого более глубокого, разделенных интервалом), а в некоторых случаях только на значительной глубине от дневной поверхности. Наконец, при описании ряда дудок гипс не был отмечен вовсе, то ли в силу действительного его отсутствия, то ли, скорее, в силу небольшого содержания его, в результате чего он мог быть не замечен.

Вопрос генезиса янокристаллического гипса не решается однозначно на основании имеющихся пока данных. Констатируется, что в редких случаях (на глубинах до 15 м устья дудки) встречаются конкреции серого колчедана, во внешней зоне гидрогетитизированные и содержащие выделения гипса вдоль разбивающих их трещин. Таким образом некоторая часть выделений гипса безусловно образовалась в связи с окислением  $FeS_2$ . Это положение подтверждается наличием частично или нацело окисленных конкреций  $FeS_2$ , перешедших в гидроокислы железа.

Алеврито-глинистая толща хайбуллинской свиты Орловки бедна  $CaCO_3$ , который констатируется обычно лишь на небольших глубинах от дневной поверхности. Это связано, очевидно, с почвообразованием черноземного типа, при котором возникает иллювиальный карбонатный горизонт С. Этот последний выражен в районе месторождения достаточно слабо, очевидно в связи с бедностью материнских пород кальцийсодержащими минералами.

Отдельно следует рассмотреть железистые конкреции по растительным остаткам в положении роста. В настоящее время эти конкреции слагаются преимущественно из гетит-гидрогетита, затем турьита. В некоторых из этих конкреций по растительным остаткам в положении роста иногда удается констатировать внутреннюю центральную зону или промежуточную среднюю зону, сложенную сидеритом. Эти факты позволяют думать, что современный минеральный состав описываемых конкреций возник частью, несомненно, в результате последующих процессов окисления сидеритов, которые могли сопровождаться с привнесением новых порций железистого материала и дополнительным выпадением его на поверхности конкреций, непосредственно в виде минералов группы окиси и гидроокиси железа.

В стенках Орловского карьера под юрскими горизонтально-слоистыми глинами местами залегают не обычного типа глиноземистые бобовые гидрогетит-хлоритовые руды или гидрогетит-хлоритовая порода с железорудными бобами, а зеленоватая хлоритовая порода с более или менее вертикальными трещинами отдельности (мощность породы 0.10—0.70 м), в которой местами констатированы псевдоморфозы (диаметром до 5 мм) по растительным остаткам в положении роста, сложенные железистым хлоритом и гетит-гидрогетитом. Эти образования рассматривались Б. П. Кротовым (1937) еще на основе работ 1935 г. как следы древнего почвенного слоя. Следует отметить, что согласно нашим наблюдениям помимо или вместо указанных псевдоморфоз хлоритовая порода бывает пронизана более или менее вертикальными тонкими трубчатыми пустотками, стенки которых обычно покрыты пленкой гидроокислов железа и которые представляют, видимо, следы древней флоры, разложившейся в положении роста. Кроме того, нами же констатирован другой горизонт с подобными тонкими трубчатыми пустотками от растений, который находится среди юрских глин. Некоторые факты застав-

ляют думать, что указанные пустотки от растений, разложившихся в положении роста, а вместе с ними и аналогичные псевдоморфозы, могут представлять образования, практически одновременные заключающим их отложениям (Теодорович, 1937). В пользу этого говорят следующие обстоятельства.

1. Местами можно видеть, что количество более или менее вертикальных тонких трубчатых пустоток в породе постепенно уменьшается не только книзу, но и кверху, причем общий облик породы иногда остается при этом почти неизменным.

2. Часто над мощно развитым (около 1.5 м) верхним горизонтом глин с тонкими трубчатыми пустотками встречается маломощный (около 10 см) прослой черной углистой глины, в шлифах которой наблюдались микроспоры, не обнаруженные ни в выше-, ни в нижележащих глинах. В некоторых случаях пустотки от растений, разложившихся в положении роста, наблюдаются и на небольшом интервале непосредственно выше черной глины, постепенно убывая и исчезая кверху. Все эти обстоятельства указывают, повидимому, на то, что формирование наиболее мощно развитых горизонтов с трубчатыми пустотками от растений совершалось особенно в некоторых специфических условиях — вероятно обмеления — в условиях мелких спокойных вод, в которых более или менее бурно развивалась гидрофитная флора.

3. Среди отдельных просмотренных образцов серых глин Орловки с пустотками и псевдоморфозами по растительным остаткам в положении роста А. Л. Яншин констатировал (письменное сообщение), что «нет ни одного образца, отпечатки которого можно было бы принять за достоверные остатки корневой системы какого-либо растения. Но есть образцы, на которых ясно видны отпечатки стеблей хвощей и стеблей каких-то других гидрофитных растений, морфологически ближе всего напоминающих плауны. Другие отпечатки по характеру своего ветвления также напоминают скорее стебли, чем корни. Таким образом несомненен вывод, что слой глины с пустотками от растений представляет собой не древний почвенный слой, пронизанный корнями, а слой глины, отложившийся в каком-то мелководном бассейне, между стеблями болотных растений». Если даже часть пустоток от растительных остатков в положении роста и принадлежит остаткам корневой системы растений, то все же приведенное заключение А. Л. Яншина достаточно четко отвергает возможность видеть в них образования, свойственные древним почвенным или подпочвенным горизонтам.

4. В районе Ново-Киевского, Промежуточного и Георгиевского месторождений горизонты с трубчатыми пустотками от растений, разложившихся в положении роста, при переходе их или развитии их только в ярко окрашенных алевроитовых глинах, отлагавшихся в более подвижных водах (см. ниже), характеризуются меньшим количеством пустоток, которые исчезают совершенно в тех ярко окрашенных алевроито-глинистых породах, которые непосредственно покрывают или фашиально замещают алевроито-песчано-галечные выносы (север Промежуточного месторождения, юг Георгиевского и т. д.). Таким образом большая подвижность придонных вод при одновременном некотором увеличении скорости осадконакопления и некотором погрубении отлагающегося материала, — представляют условия, неблагоприятные для произрастания гидрофитных растений.

Если приведенные соображения верны, то вероятно горизонты (породы) с псевдоморфозами и пустотками по растительным остаткам в положении роста представляют собой не древние почвенные или подпочвенные слои, а соответствуют лишь тем очень мелководным участкам дна бассейна, где произрастала специфическая гидрофитная флора и где следы ее могли позднее сохраниться (более или менее спокойные воды).

Интересно, что в западной стенке Орловского карьера на расстоя-

нии 1.25—1.75 м от поверхности рудной толщи, уже среди серых алевроитовых глин юры констатирован второй горизонт с более или менее вертикальными трубчатыми пустотками от растительных остатков (разложившихся в положении роста), иногда сопровождающимися и псевдоморфозами по растительным остаткам. Интересно, что в стенках невыработанного «островка» среди Орловского рудника и в западной стенке рудника среди сильно алевроитовой глины наблюдались более или менее вертикальные пустоты от растений в положении роста с диаметром около 1 см, выполненные сильно глинистым алевроитом такого же механического состава, как и покрывающий глину слой. Таким образом здесь мы имеем псевдоморфозы выполнения в отличие от ранее описанных псевдоморфоз замещения.

Совокупность всех данных, приведенных по комплексу главным образом серых глин хайбуллинской свиты Орловки, позволяет нарисовать следующую картину их образования.

1. Практическое полное отсутствие  $\text{CaCO}_3$ , в том числе и остатков организмов с известковым скелетом, позволяет считать, что величины рН в осадке и в придонных частях воды, как правило (или во всяком случае в основном), не достигали благоприятных для  $\text{CaCO}_3$  значений, т. е. что придонные воды не были ясно щелочными.

2. С другой стороны, наличие пластовых караваев и местами псевдоморфоз сидерита по растительным остаткам в положении роста, а также присутствие мелких конкреций серного колчедана указывает на то, что величины рН осадка не были очень низки, так как допускали формирование простых соединений закисного Fe, т. е. что придонные воды не были резко кислыми.

3. Наличие тонких трубчатых пустоток от растительных остатков, разложившихся в положении роста, и иногда псевдоморфоз по растительным остаткам указывает на очень мелководные условия по крайней мере в моменты отложения слоев с указанными пустотками и псевдоморфозами, так как нами установлена одновременность существования соответственных растений и накопления вмещающих отложений.

4. На площади Орловского железорудного месторождения намечается два более или менее выдержанных горизонта с трубчатыми пустотками от растительных остатков в положении роста, из которых верхний иногда распадается на два сближенных подгоризонта. Эти горизонты отвечают вероятно двум моментам обмеления, наиболее благоприятным для развития своеобразной гидрофитной флоры. Выдержанность указанных горизонтов с пустотками на площади месторождения позволяет предполагать, что отложения комплекса серых глин Орловки являются осадками одного водного бассейна.

5. Несколько объяснений допускают наблюдавшиеся случаи псевдоморфоз выполнения (глинистым алевроитом) на месте разложившихся в положении роста остатков растений с диаметром около 1—2 см среди серой сильно алевроитовой глины. Они могли быть обусловлены: а) кратковременным выходом на дневную поверхность, быстрым последующим небольшим размывом и перекрытием новой порцией осадка; б) подводным размывом; в) быстрой гибелью растений в момент, когда место их произрастания начало, вероятно с повышенной скоростью, заноситься алевроитовым материалом.

Более определенно наличие местных небольших размывов в пределах описываемого комплекса Орловки устанавливается на основании окисленных псевдоморфоз замещения по растительным остаткам, находящихся в отдельных случаях в более или менее сгруженном и, видимо, переотложенном виде. Подобные случаи наблюдались в районе Орловского рудника, где вероятно существование острова (см. ниже). Интересны в этом отношении наблюдения над слоистостью алевроитов и песков. На Орловском месторождении мощности нерудных отложений хай-

буллинской свиты увеличивается к югу и к западу. Наоборот, на севере месторождения есть участки, где серпентиниты залегают непосредственно под почвой. Примечательно здесь следующее: а) на юге месторождения алевриты и пески образуют прослои среди сильно алевритовых и алевритовых глин, обладая более или менее горизонтальной слоистостью; б) на севере месторождения песчано-алевритовые породы (в основании их здесь нередко залегает песчаник-алевролит, иногда глинисто-алевритовый песок) местами непосредственно ложатся на частично размытую поверхность рудной толщи и обладают косой слоистостью. Песчано-алевритовые отложения юры северной части месторождения представляют вероятно прибрежные образования, отлагавшиеся около острова.

6. Горизонты с пустотками от растений мы рассматриваем как моменты обмеления, захватывающие значительные площади одного и того же бассейна. В этом отношении интересен нижний горизонт с пустотками. В типичном развитии он наблюдается в отложениях, залегающих над нижней и обычно основной частью рудной толщи (как правило с микрозернистыми тонкослоистыми рудами) и под верхней, в большинстве маломощной (лишенной микрозернистых тонкослоистых руд) частью ее. Возможно, что само «расщепление» верхней части рудной толщи обусловлено именно обмелением. В моменты развития нижнего горизонта с трубчатыми пустотками, отдельные участки дна выходили из-под уровня воды и размывались. Аналогично этому, в то время, которое отвечало формированию второго горизонта с трубчатыми пустотками от растений (среди глин хайбуллинской свиты Орловки), отдельные участки дна бассейна могли выйти на дневную поверхность или, что менее вероятно, в сферу донных течений, размывающих тонкозернистый материал. Эти выходы сопровождались накоплением сгруженных местами остатков псевдоморфоз по растениям, находящихся, однако, уже не в положении роста.

Интересен ранее упоминавшийся «островок» Орловского рудника, где трубчатые пустотки от растительных остатков в положении роста наблюдаются в зеленой хлоритовой породе и нижележащей микрозернистой тонкослоистой руде, что указывает вероятно на некоторую неодновременность образования пустоток. Интересно, что этот своеобразный случай нахождения пустоток в самых нижних горизонтах рудного тела сопровождается и своеобразным разрезом последнего.<sup>1</sup> Поэтому и в данном случае обнаруживается взаимная зависимость между характером осадочного образования (типами руд) и наличием трубчатых пустоток от растительных остатков в положении роста, фиксирующих некоторые специфические условия (малые глубины, отсутствие заметных донных течений и т. д.). Если в ряде пунктов Орловского месторождения эти условия обмеления были более или менее одновременны, то в отдельных пунктах те же самые условия могли существовать несколько более длительное (а местами вероятно, наоборот, несколько более ограниченное) время.

Таким образом мы подходим к представлению о том, что горизонты с трубчатыми пустотками от растительных остатков в положении роста частью являются, повидимому, неодновременными и местами образованиями даже на площади Орловского месторождения. Особенно ярко это видно в разрезах юры Ново-Киевки, где были условия более подвижных вод с более быстро — в разных участках неравномерно — меняющимся режимом.

### ЮРА НОВО-КИЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В составе надрудной толщи Ново-Киевского месторождения принимают участие юрские и меловые отложения. Первая схема строения юры

<sup>1</sup> Здесь микрозернистые слоистые руды сверху сменяются псевдодобовой рудой и выше хлоритовой породой.

района планшета М-40-21-А, в который входит и Ново-Киевское месторождение, дана Г. И. Кириченко (1935). Возраст юры по флоре определяется А. Н. Криштофовичем как нижне- или среднеюрский, более вероятно, что нижнеюрский.

Общий характер надрудной толщи и условия ее залегания вскрываются уже на разрезах по линиям горных выработок, составленных еще И. Л. Рудницким и С. Д. Левиной в 1936 г. Мощность глинисто-алеврито-песчаной надрудной толщи возрастает к востоку, достигая суммарно иногда 50 м, причем нередко в разрезах с запада на восток наблюдается увеличение роли песков.

Осмотр дудок и карьеров на площади северной залежи Ново-Киевского месторождения приводит к представлению о том, что юрская толща состоит здесь из трех перемежающихся в известных пределах (см. ниже) комплексов пород: а) серые глины; б) ярко окрашенные алевритовые глины и алевриты; в) белые пески и галечники, местами железистые. Для примера приведем разрезы четырех дудок широтной линии 1936 г. через северную залежь Ново-Киевского месторождения (все описания схематизированы и даются снизу вверх).

Дудка 5	Дудка 6	Дудка 7	Дудка 8
<p>На глинисто-песчаной бобовой руде с гравием силицитов залегают:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Темная буровато-серая глина с полукатанными гальками кварца, обломками выветрелого серпентинита и бобовых руд; мощн.=0.1 м.</li> <li>2. Темносерая глина с рыхлыми железорудными бобами; мощн. = 0.15 м.</li> <li>3. Серые и буровато-серые глины с маломощными прослоями черных углистых глин; мощн.=1.30 м.</li> <li>4. Желтые, палево-желтые и розовые алевритовые глины, пески и глинистые алевриты без углистых остатков; мощн. = 4 м.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Алевритовые глины желтовато-серые, серовато-желтые и красноватые; мощн. = 0.45 м.</li> <li>2. Глины с углистыми остатками, серые, интенсивно-серые и темные буровато-серые с прослоями черной углистой глины и прослоями желтых алевритовых глин и сильно глинистых алевритов; мощн.=4.80м.</li> <li>3. Алевритовые глины желтые и красноватые и сильно глинистые алевриты светло-желтой, палево-желтой и беловатой окраски; мощн.=4.50 м.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Глины серые и буровато-серые; вверху черная углистая глина; мощн.=0.60 м.</li> <li>2. Желтовато-серая глина; мощн.=0.50 м.</li> <li>3. Желтые алевритовые глины и желтыеглинистые алевриты, вверху красноватые и желтые алевритовые глины; без углистых остатков; мощн.=4.65 м.</li> <li>4. Серые алевритовые глины и глинистые алевриты с углистыми остатками; мощн.=3.40 м.</li> <li>5. Палево - желтые, желтые и красноватые алевритовые глины, беловатые, сильно глинистые и песчаноглинистые алевриты; мощн.=1.45 м.</li> <li>6. Желто-бурые, желтые и бурые мелкозернистые пески с прослоями железистого песчаника и оолитовой гидрогетитовой породы; мощн.=1.12м.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Желтая алевритовая глина; мощн.=0.90 м.</li> <li>2. Пески и гравий (гравий в основании); мощн.=2.40 м.</li> <li>3.Алевриты;мощн.=1.60 м.</li> <li>4. Яркоокрашенные алевритовые глины; мощн.=4.40 м.</li> <li>5. Алевритовые мелкозернистые пески с прослоем оолитовой гл. обр. гидрогетитовой породы; мощн.=0.30 м.</li> <li>6. Желтые сильноглинистые алевриты; мощн.=1.00 м.</li> <li>7. Желтоватый песок, в основании с прослоем гравия и мелкой гальки; мощн.=0.30 м</li> </ol>

Если сопоставить данные разрезов по северному и южному участкам Ново-Киевского железорудного месторождения, то бросается в глаза следующее.

1. Переход бобовых железных руд, по мере опускания поверхности серпентинитового фундамента, в нерудную юрскую толщу через квар-

цевые конгломераты и песчаники с железистым цементом. На Ново-Киевке это происходит в том направлении, в котором, одновременно с понижением рельефа серпентинита, фиксируется общее увеличение роли песков в разрезе нерудной юры. Это указывает на то, что в зоне более значительных глубин и более подвижных вод (донные течения) условия становились уже неблагоприятными для образования халиловских железных руд. Возможно, что главным фактором здесь является расстояние от береговой линии бассейна.

2. Наличие отдельных маломощных прослоев бобовой руды и бобовых «железисто-глинистых» пород среди обычных нерудных пород юры.

Факты первый и второй позволяют говорить о нижнеюрском (верхнеелейасовом) возрасте халиловских железных руд, по крайней мере бобовых.

3. Интересное расположение микрозернистых слоистых руд в разрезе, которые исчезают не только на наиболее пониженных участках серпентинитового фундамента, но, в некоторых случаях, и в наиболее повышенных пунктах его. При этом на повышениях бобовые руды или отсутствуют вместе с микрозернистыми слоистыми, или продукты древней коры выветривания перекрываются одними бобовыми рудами, что, скорее всего, говорит о расширении рудоносной площади бассейна во время отложения бобовых руд (Теодорович, 1931<sub>2</sub>). Выклинивание халиловских железных руд и в частности микрозернистых слоистых руд к наиболее пониженным пунктам с более подвижными водами обусловлено, как мы отмечали выше, теми неблагоприятными условиями для образования железорудных химических осадков (Теодорович 1939<sub>3</sub>), которые возникали в подвижных донных водах при одновременном обильном накоплении здесь терригенного обломочного материала, транспортированного издалека, а также, возможно, выходом этих пунктов дна за нижнюю границу оптимальных глубин рудообразования. Возможно, что ведущим фактором здесь является расстояние от береговой линии бассейна. Тот факт, что бобовые руды в указанных условиях еще сохраняются,<sup>1</sup> несмотря на полное выклинивание микрозернистых слоистых руд, указывает на то, что они могут отлагаться в более разнообразных условиях, чем слоистые руды (Теодорович, 1939<sub>2</sub>).

Сопоставление ранее приведенных разрезов четырех дудок и ряда других выработок позволяет думать, что серые алевритовые глины (и отчасти алевриты) с углистыми остатками, с одной стороны, и ярко окрашенные алевритовые глины и алевриты, с другой, вклиниваются друг в друга, с преобладанием первых преимущественно в нижней части разрезов, а вторых — по преимуществу в верхней. Алевритовые пески с прослоями железистых песчаников лежат нередко на ярко окрашенных алеврито-глинистых породах или же перемежаются с ними. «Языки» песков сопровождаются ярко окрашенными алевритовыми глинами, лишенными углистых остатков. Иногда ярко окрашенные алевритовые глины или пески и алевриты непосредственно ложатся на рудную толщу. Разрезы дудки 8 и некоторых старых дудок И. Л. Рудницкого указывают на то, что ярко окрашенные песчано-алеврито-глинистые отложения юры здесь могут перемежаться со светлыми песками и галечниками и что последние, видимо, в нижней своей части вклиниваются в толщу ярко окрашенной юры, а верхней своей частью нередко прикрывают последнюю. Возникает представление о том, что описанные комплексы отвечают отдельным фациям внутри юрской толщи. Вероятно ярко окрашенные отложения юры формировались в условиях более подвижных

---

<sup>1</sup> Исчезновение микрозернистых слоистых руд вместе с понижением поверхности серпентинита, при сохранении бобовых руд, известно и на Орловском месторождении. В последнем случае, судя по мощности, бобовые руды фациально заместили микрозернистые слоистые.

придонных вод (чем серые глины), характеризовавшихся лучшей аэрацией. Наоборот, серые (и темносерые) глины другой фации накопились в условиях более или менее спокойных придонных вод. Перемежаемость отложений этих комплексов — вхождение их друг в друга языками — указывает на быстро меняющиеся условия седиментации.

Более или менее вертикальных трубчатых пустоток от растительных остатков (в положении роста) в одной из четырех ранее описанных дудок вовсе не удалось констатировать, в другой немногочисленные пустотки были отмечены лишь в нижнем слое разреза. В одной дудке было обнаружено два горизонта с пустотками от остатков растений в положении роста, и, наконец, в одном случае — три горизонта. Иногда наблюдается два сближенных и слабо выраженных подгоризонта с растительными пустотками, которые, видимо, можно рассматривать как единый, но слабо выраженный горизонт. Наличие указанных пустоток от растений, разложившихся в положении роста, не только в серых глинах, но иногда и в ярко окрашенных может быть объяснено по крайней мере двумя путями: а) рассматриваемые образования представляют собою следы корневой системы или стеблей растений, произраставших на дне бассейна; б) горизонты с пустотами отвечают древним почвам или подпочвам. Малочисленность, как правило, пустоток от остатков растений в ярко окрашенных алевроито-глинистых отложениях указывает, повидимому, на одновременность произрастания растений с отложением осадка (см. выше Орловское месторождение), т. е. на гидрофитный характер растений. Наличие растительных пустоток иногда на интервале в 2,70 м и то обстоятельство, что диаметр их при этом заметно не изменяется, тоже скорее подтверждают первую из вышеприведенных возможностей. Нередко горизонты с многочисленными трубчатыми пустотками от растительных остатков в положении роста как бы венчаются прослоем черной углистой глины, что наблюдалось и на Ново-Киевском и на Орловском месторождениях. Решающими, однако, представляются нам нередкие случаи наличия немногочисленных трубчатых пустоток от растительных остатков в породах, лежащих непосредственно над прослоем черной глины; количество пустоток здесь постепенно уменьшается кверху.

Приведенные для юры Ново-Киевского месторождения сведения и замечания о горизонтах с растительными пустотками позволяют сделать следующие заключения.

1. Горизонты с трубчатыми пустотками от растительных остатков в положении роста на территории Ново-Киевского месторождения гораздо менее выдержаны — и по площади своего развития, и по мощности, и по количеству горизонтов с пустотками, — что указывает, очевидно, на большую изменчивость условий седиментации в этом районе по сравнению с таковым Орловского месторождения (вывод, тождественный с тем, который вытекает из рассмотрения картины литологического строения юрской толщи).

2. Если горизонты с пустотками от растений на площади Орловского месторождения быть может и имеют некоторое стратиграфическое значение,<sup>1</sup> то для Ново-Киевского вряд ли можно говорить об этом.

Возвращаясь к разрезу юры Ново-Киевского месторождения и учитывая фациальный характер отдельных комплексов ее, можно в качестве лишь условной и грубой схемы указать следующую нередко наблюдающуюся общую последовательность смены отдельных комплексов юры (снизу вверх), которой я и буду придерживаться при детальном описании отдельных комплексов северной залежи.

1. Серые и желтовато-серые, прослоями темносерые глины с обугленными растительными остатками; мощность их здесь не превышает

<sup>1</sup> При рассмотрении юры Орловки отмечалось, что даже здесь констатируются случаи неодновременности и чисто местного значения горизонтов с пустотками.

обычно 6—8 м. В самой нижней части этого комплекса местами наблюдается маломощная зона зеленовато-серых в той или иной мере хлоритовых глин.

2. Ярко окрашенные алевроитовые глины с прослоями сильно глинистых и песчано-глинистых алевроитов, общей мощностью до 8—10 м, которые выше нередко сменяются алевроитовыми песками и глинистыми алевроитами, с прослоями железистого песчаника и оолитовой гидрогетитовой породы; мощность последней пачки до 10 м. Однако иногда описываемый (второй) комплекс не может быть разбит на две пачки и весь представляет перемежаемость ярко окрашенных алевроитовых глин и буровато-желтых и буровато-серых песков; в этих случаях мощность комплекса достигает 15—25 м.

3. Беловатые и желтоватые грубо- и мелкозернистые пески и галечно-гравийные отложения, в отдельных прослоях цементированные гидроокислами железа в гравийные и галечные конгломераты; изредка попадаются тонкие прослойки беловатой глины и прослой ржаво-желтого и бурого песка. Мощность этого типа отложений достигает 15—20 м.

Следует еще раз подчеркнуть, что смежные комплексы пород в действительности часто перемежаются, заходя «языками» друг в друга, и что в некоторых случаях породы комплекса серых глин отсутствуют вовсе и надрудная толща начинается непосредственно породами второго комплекса. Кроме того, породы третьего комплекса могут ложиться с размывом на подлежащие отложения, а в целом ряде пунктов верхние части юрской толщи уничтожены последующими размывами. Поэтому, обычно в одном разрезе не удается наблюдать сразу все три комплекса, причем если один из комплексов достигает максимальных значений своей мощности, то параллельно этому какой-либо другой комплекс имеет ничтожную мощность или совсем исчезает из разреза, что указывает, повидимому, на фаціальную значимость приведенных комплексов (см. ниже).

Если на территории Орловского месторождения подразделение юрской толщи на хайбуллинскую (в основном глинистую) и зирен-агачскую (песчано-конгломератовую) свиты достаточно ясно выражено, то в районе Ново-Киевки, Георгиевки и некоторых других, характеризующихся вообще большей изменчивостью условий седиментации и более значительным содержанием псефитовых частиц,— картина менее ясна. Здесь иногда (особенно ясно на Георгиевском месторождении) грубозернистый псефитовый материал слагает нижние части юрской толщи, замещаясь по простиранию более мелкозернистыми отложениями, а кроме того и в верхах разреза юры местами наблюдаются гравийно-галечные отложения (большей частью нецементированные, но иногда с гидрогетитовым цементом).

Сказанное делает ясным, что в последнем районе в достаточной мере стирается литологическая разница между типичными хайбуллинскими и типичными зирен-агачскими отложениями. В виду вышеизложенного не исключена и даже вероятной представляется принадлежность верхней части юры Ново-Киевки — Георгиевки к отложениям зирен-агачской свиты. Однако основную часть юрской толщи этого района во всяком случае следует сопоставлять с хайбуллинской свитой П. Л. Безрукова и А. Л. Яншина.

Комплекс серых глин юры Ново-Киевки. Среди серых, светлосерых и желтовато-серых неясно-горизонтально-слоистых глин юры Ново-Киевки имеются алевроитовые, слабо алевроитовые и более или менее чистые разности; редки сильно алевроитовые глины. Направление наслоения в алевроитовых глинах намечается более или менее параллельной ориентировкой чешуйчатых минералов. В этих случаях можно говорить о плоско-параллельной текстуре наслоения.

Основная масса серых глин комплекса микрочешуйчатая, ясно ани-

зотропная; в нижних частях комплекса в ее составе содержится иногда в небольшом количестве хлорит.

В шлифах серых глин наблюдаются мелкие обугленные растительные остатки. Среди пород комплекса серых глин Ново-Киевки очень редко находились мелкие гидрогетитовые стяжения, представляющие быть может окисленные мелкие конкреции сидерита.

В северном конце пос. Ново-Киевского, в дне оврага Салыр встречен линзовидный прослой несколько окисленного, очень мелкозернистого сидерита, содержащего в небольшом количестве алевритовые частицы. Сидерит этот подстилается буровато-серой глиной и принадлежит к комплексу серых глин. Среди сидерита в небольшом количестве содержатся очень мелкие обрывочки фюзенизированной древесины.

Нередко в нижних горизонтах безрудной юры, налегающих на рудную толщу Ново-Киевского месторождения, в глинах или песках наблюдаются остатки оруденелой древесины, обломки бобовых — иногда микрозернистых слоистых — руд и изолированные железорудные бобы, а также отдельные мелкие углистые остатки. Иногда в самом нижнем, маломощном слое безрудной юры наблюдались гальки бобовой руды, кварца и серпентинита. Глины нижней части надрудной юры, содержащие оруденелые остатки древесины, маломощны и обладают бурой и темнобурой окраской от рассеянных гидроокислов железа.

Количество углистых остатков, по крайней мере макроскопически легко различимых, и сидеритовых караваев в комплексе серых глин Ново-Киевки значительно меньше, чем в таковом Орловки. Все это говорит, видимо, за то, что серые глины юры Орловки отлагались все же в более спокойных придонных водах, чем соответственные глины юры Ново-Киевки.

Черные или темносерые углистые глины рассматриваемого комплекса, образующие лишь отдельные прослои, обладают основной массой, окрашенной, как видно в шлифах, неравномерно рассеянной примесью органического вещества. Последнее присутствует в двух формах: а) в виде рассеянного пигмента, то более, то менее сконцентрированного, — вероятно это гуминовые соединения; б) в виде очень мелких и тонких угловатых непрозрачных обломочков углистого вещества. В некоторых из этих глин попадаются редкие обрывки форменных элементов углей.

Таким образом темные глины юры Ново-Киевки сходны с таковыми Орловки.

Второй комплекс юры Ново-Киевки представлен: а) или ярко окрашенными алевритовыми глинами и прослоями алевритов, в верхней части комплекса сменяющимися алевритовыми песками и алевритами с прослоями железистого песчаника и оолитовой гидрогетитовой породы; б) или перемежающимися ярко окрашенными глинами и буровато-желтыми и буровато-серыми песками.

Алевритовые глины рассматриваемого комплекса имеют желтую, палево-желтую, буро-желтую, красноватую, розовато-красноватую, розовато-палевою и иногда бурую окраску. Яркая окраска этих глин обусловлена наличием в их массе рассеянной примеси (тонкодисперсной или тонкодисперсной и микроволокнистой) различных гидроокислов железа (то группы гидрогетита, то гидрогетита с очень небольшой примесью гидрогематита, то смесью гетит-гидрогетита и гидрогематита), иногда, видимо, и марганца. Изредка имеет место чередование очень тонких различно окрашенных прослоечков.

По гранулометрическому составу эти глины колеблются от слабо-алевритовых до сильно алевритовых, иногда представляющих уже алеврито-глинистые породы переходного (к алевритам) механического состава (табл. 3).

## Механический состав алевроитовых глин Ново-Киевки

Место взятия и название породы	Условия механич. анализа	% содержания фракций					
		1—0.5 мм	0.5—0.25 мм	0.25—0.1 мм	0.1—0.05 мм	0.05—0.01 мм	<0.01 мм
Ново-Киевка, обн. 567, желтая сильно-алевроитовая глина	По методу ситового анализа и Сабанина, без предварительной химической обработки, но с горячей обработкой с приравлением $\text{NH}_4\text{OH}$	0.07	0.46	2.25	14.64	29.83	52.75
Ново-Киевка, обн. 568, светлая желтовато-серая алевроитовая глина		нет	следы	0.83	4.22	23.46	71.49
Ново-Киевка, обн. 266, сл. 12, желтая сильно-алевроитовая глина	Без обработки $\text{HCl}$	0.27		5.90	22.27	14.93	56.63

Основная масса алевроитовых глин описываемого комплекса, а также пелитовый компонент алевроитов слагаются в основном или в значительной части из микрочешуйчатого, почти бесцветного (часто с очень легким желтоватым оттенком в шлифе) ясно анизотропного минерала, обычно с меньшей или большей примесью каолинита, серицита, измененного биотита и затем биотита. В одном случае были накоплены частицы менее 0.01 мм, которые подверглись специальному изучению. Последнее показало, что мы имеем здесь дело с минералом, характеризующимся  $N_g = \text{около } 1.575$ ;  $N_p = \text{около } 1.560$ ;  $N_g - N_p = \text{около } 0.015$ .

Данные химического анализа частиц менее 0.01 мм (аналитик-химик ИГН—Р. А. Якубович) приведены в табл. 4.

Таблица 4

## Химический состав фракции менее 0.01 мм алевроито-глинистых пород Ново-Киевки

Компоненты	Весов. %	Пересчет на 100%	Поправки	Состав мономин. массы (в % породы)	Пересчет на 100%	Молек. колич. окислов	Молек. колич. групп окислов
$\text{SiO}_2$ . . . . .	46.14	45.31	2.12 <sup>1</sup>	43.19	45.05	0.7508	$\text{SiO}_2$ 0.7508
$\text{TiO}_2$ . . . . .	1.94	1.90	1.90 <sup>2</sup>	—	—	—	—
$\text{Al}_2\text{O}_3$ . . . . .	35.38	34.74	—	34.74	36.24	0.3553	} $\text{R}_2\text{O}_3$ 0.3624
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ . . . . .	1.21	1.19	0.11 <sup>3</sup>	1.08	1.13	0.0071	
$\text{FeO}$ . . . . .	0.21	0.21	—	0.21	0.22	0.0031	} $\text{RO}$ 0.0353
$\text{CaO}$ . . . . .	0.65	0.64	—	0.64	0.67	0.0120	
$\text{MgO}$ . . . . .	0.80	0.78	—	0.78	0.81	0.0202	} $\text{R}_2\text{O}$ 0.0206
$\text{K}_2\text{O}$ . . . . .	1.58	1.55	—	1.55	1.62	0.0172	
$\text{Na}_2\text{O}$ . . . . .	0.20	0.20	—	0.20	0.21	0.0034	} $\text{H}_2\text{O}$ 0.7022
+ $\text{H}_2\text{O}$ . . . . .	12.35	12.13	0.01 <sup>4</sup>	12.12	12.64	0.7022	
Сумма . . . . .	100.46	98.65	—	—	—	—	—
— $\text{H}_2\text{O}$ . . . . .	1.35	1.35	—	1.35	1.41	0.0783	— $\text{H}_2\text{O}$ 0.0783
		100.00	—	95.86	100.00		

<sup>1</sup> Свободный кварц (и волокнистый кристаллический  $\text{SiO}_2$ ), определенный по методу Гаррисона (Harrison, 1933).

<sup>2</sup>  $\text{TiO}_2$  вычитается, так как находится в тонкодисперсном и флокулированном виде.

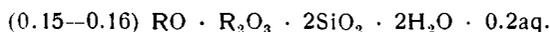
<sup>3</sup>  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  свободных гидроокислов железа (солянокислая вытяжка).

<sup>4</sup>  $\text{H}_2\text{O}$  свободных гидроокислов железа (вычислено по  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

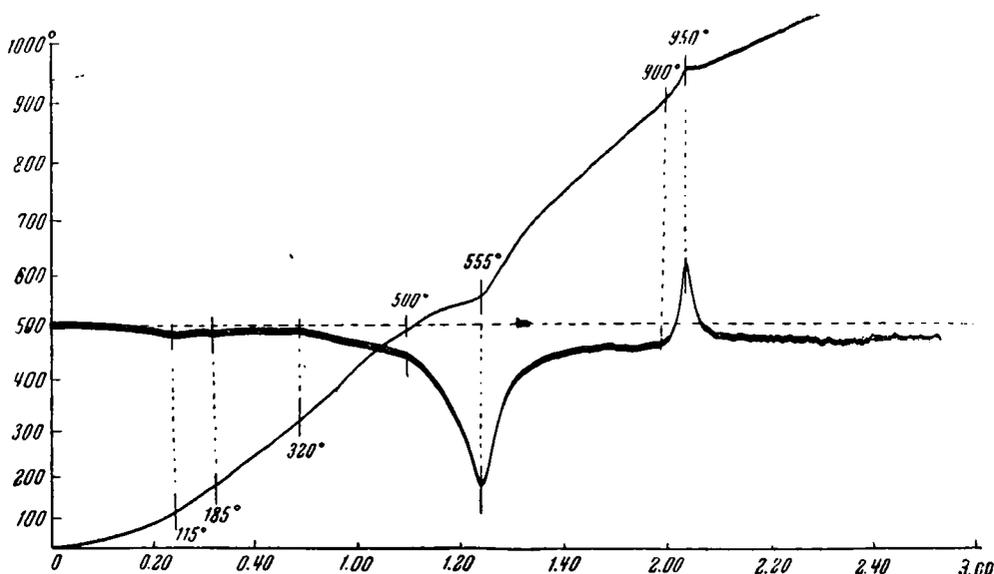
Отношения между группами окислов

Окислы	SiO <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	RO	R <sub>2</sub> O	+ H <sub>2</sub> O	- H <sub>2</sub> O
Вычисленные . .	2.072	1.0	0.097	0.057	1.94	0.216
Приближенные .	2.0	1.0	0.1	0.06	2.0	0.2

Это позволяет говорить о следующей формуле нашего минерала:



Эта формула в согласии с кривой нагревания (фиг. 2), а также измерениями дебаеграммы позволяет считать, что наш минерал принадлежит к группе каолинита. Химический состав, показатели преломления и рентгенограмма указывает на то, что мы имеем дело не с собственно каолинитом, а со щелочьсодержащей разновидностью его, которую можно назвать щелочьсодержащим каолинитом. Последний представляет



Фиг. 2. Кривая нагревания фракции < 0.01 мм юрских алевроито-глинистых пород Ново-Киевского месторождения

вероятно продукт интенсивной гидратации белой, а именно калиевой слюды. Таким образом наш минерал входит в ряд минеральных разновидностей, объединяемых под названием (белой) гидрослюды, представляя одну из конечных (на пути к каолиниту) разновидностей его.

Основная масса глин описываемого комплекса и пелитовый компонент алевроитов состоят из чешуйчатых минералов с  $L \leq 0.01 - 0.015$  мм, а частью с  $L \leq 0.03$  мм. Помимо ранее перечисленных минералов, в качестве небольшой примеси могут присутствовать зеленоватый измененный биотит и хлорит. Необходимо отметить большое содержание чешуйчатых частиц явно алевроитового порядка. Отдельные чешуйки по своим размерам отвечают уже песчаной фракции.

В число алевроитовых частиц, помимо чешуйчатых минералов, входит кварц в виде угловатых зерен и более редкие — калиевый полевой шпат, гидроокислы железа, еще реже — турмалин, рутил, циркон, глаукофан, магнетит, гидрогетит и некоторые другие. Обычно алевроитовые частицы

кварца содержатся в описываемых глинах в небольшом количестве, а песчинки его очень редки. Отдельные обломочки принадлежат, видимо, хлоритово-сланцевым, частью хлоритово-серпичитовым, кварцево-сланцево-хлоритовым и кварцево-хлоритовым сланцам. Расположение наибольших измерений более крупных чешуйчатых индивидов хотя и не строго параллельно, но все же в общем ясно намечает одно (горизонтальное) направление напластования.

В глинах описываемого комплекса не встречался ни сидерит, ни серный колчедан; углистые остатки, как правило, здесь отсутствуют. Конкреционные образования, наблюдавшиеся в прослойках глинистых и песчано-глинистых алевроитов, представлены только небольшими более или менее округлыми стяжениями, главным образом гетит-гидрогетитового состава.

Приведем имеющиеся в нашем распоряжении механические анализы алевроитов и песков описываемого комплекса Ново-Киевского, присоединив сюда же механические анализы соответственных пород Промежуточного месторождения (табл. 5).

Таблица 5

**Механический состав алевроитов и песков Ново-Киевского  
и Промежуточного месторождений**

Место взятия и название породы	Условия механ. анализа	1—0.5	0.5—	0.25—	0.1—	0.05—	0.01	0.01
		мм	0.25	0.1 мм	0.05 мм	0.01 мм	0.01 мм	0.01 мм
		% содержания фракций						
Ново-Киевка, обн. 266, беловато-желтоватый алевроитоглинистый песок . . . . .	Без обработки НСІ	3.50		47.50	8.27	2.77	37.96	
Ново-Киевка, обн. 568, светлый желтовато-серый глинистый алевроит . . . . .	То же	0.19	1.29	4.50	33.37	27.50	33.08	
Промежуточное м-ние, л. 9б, д. 5а, сл. 2, желтый песчано-глинистый алевроит . . . . .	„	0.52	2.25	12.18	30.21	22.18	32.66	
Промежуточное м-ние, л. 11, д. 8, сл. 1, глинисто-алевроитовая порода (в среднем отвечает сильно глинистому алевроиту) . . . . .	„	0.39	0.57	4.00	8.90	42.16	43.98	
Промежуточное м-ние, л. 11, д. 8, сл. 9, глинисто-алевроитовая порода (в среднем отвечает сильно глинистому алевроиту) . . . . .	„	0.26	0.83	2.39	22.47	34.07	39.98	

Глинистые алевроиты описываемого комплекса окрашены обычно более однообразно, а именно — в желтоватые и беловатые тона. Микрочешуйчатый компонент (пелитовый) этих пород принадлежит главным образом щелочьюсодержащему каолиниту (см. выше) или последнему (с небольшой примесью белой слюды) и каолиниту. Состав алевроитовых частиц весьма близок к таковому соответственной фракции алевроитовых глин (см. выше).

Песчано-глинистые алевроиты содержат иногда линзовидные участки алевроитовой глины; наоборот, сильно алевроитовые глины иногда обнаруживают в шлифах чередование тонких неправильно линзовидных прослоек сильно глинистого алевроита с более мощными прослоями алевроитовой глины. Глинисто-песчаные алевроиты и глинисто-алевроитовые мелкозернистые пески обладают более или менее горизонтальной или слабо наклонной — также линзовидной — слоистостью. Направление напластования

нередко намечается двояко: а) с одной стороны, отслаиванием породы (слоевая отдельность); б) с другой стороны, присутствием тонких зон-прослоечек буро-желтой окраски.

Сравнивая минералы тяжелой фракции юрских пород Ново-Киевского месторождения с таковыми глин, алевроитов и песков хайбуллинской свиты Орловского месторождения, мы видим большое сходство их:

Комплекс ярко окрашенных алевроитовых глин, алевроитов и песков Ново-Киевского месторождения (+ прослой желтой глины среди бобовых руд.<sup>1</sup>)  
Белая слюда, гидроокислы железа, турмалин, рутил, циркон, глаукофан, биотит, магнетит, хлорит, тремолит-актинолит, гранат, обыкновенная роговая обманка.

Глины, пески и алевроиты юры Орловского месторождения («комплекс серых глин»).

Белая слюда, гидроокислы железа, хлорит, глаукофан, циркон, турмалин, эпидот, магнетит, рутил, биотит, обыкновенная роговая обманка, пироксен, тремолит-актинолит, гранат.

Несмотря на большое сходство списков минералов тяжелой фракции пород хайбуллинской свиты обоих месторождений, все же полного тождества их и, тем более, совпадения количественных соотношений минералов не наблюдается.

Сходство минералов тяжелой фракции обусловлено, видимо, одинаковым или близким составом преобладающей или значительной части тех пород, продуктами размыва которых являются сравниваемые нами образцы юрских отложений. Глаукофан, гранат, тремолит-актинолит характеризуют породы метаморфической свиты, другие же минералы тяжелой фракции могли быть заимствованы как из этих пород, так и из пород нижнего палеозоя более северных районов. Таким образом минералогические анализы тяжелой фракции юрских пород нашего района указывают на то, что значительная часть слагающего эти породы материала безусловно заимствована из размывавшихся где-то севернее метаморфических и вероятно палеозойских толщ. На это же в ряде случаев указывает и минеральный состав пелитовой части этих пород (щелочесодержащий каолинит, каолинит, затем белая слюда, измененный биотит и т. д.). Такой вывод согласуется с представлениями как П. Л. Безрукова и А. Л. Яншина (1934), так и А. В. Хабакова (1935<sub>2</sub>).

В верхней половине рассматриваемого комплекса юры Ново-Киевки или в тех местах, где перемежаемость песков-алевроитов и глин наблюдается по всей толще комплекса, встречаются прослой буровато-желтых мелкозернистых песчаников и алевролитов с железистым цементом. Пески описываемого комплекса, помимо обычных преобладающие кварцевых, представлены иногда алевроито-глинистыми слюдяно-кварцевыми разновидностями. В последних песчаный материал кварцевый, но в значительном количестве находятся и чешуйчатые минералы: измененный биотит, биотит, белая слюда; изредка наблюдаются вермикулиты глинистых минералов и, в частности, каолинита. Среди алевроитовых частиц, кроме кварца, присутствуют чешуйчатые глинистые минералы; попадают зерна, представляющие обломки серицитовых сланцев и др. Микрочешуйчатая масса состоит из щелочесодержащего каолинита (с отдельными чешуйками белой слюды) и каолинита. Местами эта масса пигментирована главным образом тонкодисперсными гидроокислами железа. Более обычный тип представляют глинисто-алевроитовые пески, в которых основная масса обломочных зерен представлена кварцем.

Цементированные породы описываемого комплекса иногда представлены относительно грубозернистыми, главным образом кварцевыми алевролитами (размер обломочных зерен от 0.05 до 0.1 мм), преимущественно с гетит-гидрогетитовым цементом. Кроме кварца среди обломочных зерен содержатся: белая слюда, серициново-хлоритовые, серицито-

<sup>1</sup> Образец, переданный мне С. Д. Левиной.

вые и слюдяные сланцы (биотит и белая слюда), песчинки очень мелко- и микрокристаллических силицитов, песчинки микрочешуйчатой глинистой породы, измененный биотит, гидрогетит, изредка — обломочки каолиновой породы, хлоритового состава и обломочки, сложенные очень мелкозернистым гидраргиллитом. Цемент в алевролитах обильный (обломочные зерна не соприкасаются) и представлен гетит-гидрогетитом, частью микроволокнистым, частью тонкодисперсным; гетит-гидрогетит содержит примесь микрочешуйчатого и тонкодисперсного глинистого материала, а иногда и железистого хлорита (см. Промежуточное месторождение). Содержание последнего невелико (вследствие выветривания), а потому по составу цемента можно различать лишь алевролиты с глинисто-железистым (гидрогетитовым) и с железистым цементом (гетит-гидрогетитовым или турьитовым).

Кроме прослоев алевролитов, имеются прослой железистых песчаников, среди которых наблюдаются разности с железисто-глинистым и глинисто-железистым (гетит-гидрогетитовым) цементом. Обломочные зерна здесь также главным образом кварцевые. Часто наблюдаются корродированные зерна, в которые неправильно вдается связующий породу гидрогетит. Размер зерен кварца от 0.02 до 1.2 мм, главным образом от 0.09 до 0.54 мм. Цементирующий материал того же типа, что и в первой разности алевролитов. Интересно, что в отдельных участках железистого песчаника, в которых обломочные зерна соприкасаются, цемент состоит из гетит-гидрогетита, имеющего неясное нормально-волокнистое строение. При этом типе цемента часто в породе (среди цемента) имеются пустоты.

Иногда прослой разнотоннозернистого песчаника с преимущественно железистым цементом содержат отдельные гидрогетитовые оолиты и, одновременно, и оруденелые обломки древесины. Чаше встречаются более или менее окатанные или полукатанные зерна кварца с тонкой концентрически слоистой гидрогетитовой коркой, представляющие зачаточные оолиты (Теодорович, 1935<sub>1</sub>). Изредка наблюдаются нормальные оолиты с небольшим по отношению к массе оолита ядром из мелкого (0.09 мм) зерна кварца. Диаметр оолитов и зачаточных оолитов около 0.36—0.72 мм, иногда до 0.9 мм.

В описываемой части второго комплекса юры Ново-Киевки встречается прослой бурой оолитовой или песчано-оолитовой, в основном гидрогетитовой породы. Под микроскопом видно, что она: слагается в основной своей массе из гидрогетитовых оолитов, имеющих овальную или более или менее округлую форму; размер оолитов 0.35—1.05 мм, чаще 0.5—0.88 мм. Гидрогетитовые оолиты обнаруживают неясно-концентрическое строение и слагаются микроволокнистым и тонкодисперсным гидрогетитом (отчасти и эренвертитом), а также железистым хлоритом, слагающим отдельные концентры. Цемент состоит главным образом из гидрогетита, причем в одних случаях в составе его хлорит обнаруживается, в других — нет. Ядрами оолитов часто служат зерна кварца угловатой и округленно-угловатой формы (иногда песчинки размером 0.14—0.21 мм, изредка до 0.70 мм, главным же образом алевритовые частицы). Иногда зерна кварца, служащие ядрами оолитов, составляют большую часть всего оолита, и последний является зачаточным; но обычно оолиты нормально развитые. Кроме зерен кварца, представляющих ядра оолитов, находятся отдельные свободные обломочные зерна его, не покрытые коркой гидрогетита. Центральная часть оолитов, внутри которых не видно кварцевого ядра, слагается гидрогетитом, то неотличимым от такового наружных частей оолита, то выделяющимся по окраске (более светлой или, наоборот, более темной). Очень редко в качестве ядра отмечались остатки оруденелой древесины. Иногда в оолите, кроме кварцевого ядра, намечаются две концентрически слоистые зоны гидроокислов железа, различающиеся по окраске. В некоторых разностях

описываемой породы количество свободных обломочных зерен кварца возрастает, и мы имеем уже песчано-оолитовую гидрогетитовую породу.

Интересно появление прослоя оолитовой, главным образом гидрогетитовой породы среди нерудной юры Промежуточного месторождения в некотором удалении от серпентинитового массива, явно указывающее на химическое выпадение гидроокислов железа из растворов (истинных или коллоидальных) и свидетельствующее таким образом о переносе и отложении соединений железа на некотором расстоянии от берега бассейна.

Микроскопическое изучение показывает, что в составе оолитов, размер которых преимущественно 0.4—0.8 мм, принимают участие гидрогетит (отчасти эренвертит) и затем железистый хлорит.<sup>1</sup> В некоторых оолитах ясно выражено концентрическое строение из тонких кольцевых зон микрокристаллического гидрогетита и скрытокристаллического хлорита. Ядром оолита может служить песчинка кварца (0.2—0.5 мм, реже алевритовые частицы его), оолитоид (Теодорович, 1935) скрытокристаллического железистого хлорита и оолитоид, или обломок, гидрогетитового состава. Цемент оолитовой породы слагается главным образом гидрогетитом и лишь местами железистым хлоритом. Вторичные изменения этих оолитовых прослоек заключаются главным образом в том, что железистый хлорит окисляется. Потому-то хлорит констатирован не во всех изученных образцах оолитовой породы и вообще присутствует в относительно небольшом количестве.

Оолитовый прослой подстилается на Промежуточном месторождении песками (иногда алевритами), а покрывается неясно и неправильно горизонтально-слоистыми алеврито-глинистыми породами. Таким образом этот прослой тяготеет здесь к средним частям местного типа седиментационных микроритмов. Последние начинаются накоплением более крупнозернистого, песчаного аллотигенного материала, которое сменяется формированием химическим путем прослоя оолитовой породы из гидрогетита с железистым хлоритом и заканчивается отложением уже более тонкого аллотигенного неясно-горизонтально-слоистого алеврито-глинистого осадка.

Нам думается, что вероятным является формирование оолитового прослоя в промежуточной зоне бассейна, располагающейся между полосами более прибрежных песчаных осадков и более удаленных от берега горизонтально-слоистых алеврито-глинистых осадков. Однако мы не имеем оснований настаивать на том, что оолитовые прослои хайбуллинской свиты возникли только в этих условиях, ибо действительные соотношения могли быть гораздо сложнее.

Из такой концепции вовсе не следует, что оолитовые прослои могут быть встречены где угодно в пределах хайбуллинской свиты. Оолитовый прослой возникал в некоторой зоне бассейна в случае поступления в нее необходимых исходных соединений и, главное, возможности их химического выпадения в данном месте (наличие определенного интервала величины рН), но лишь в определенных интервалах значений окислительно-восстановительного потенциала. Вполне понятно, что в более восстановительной среде железо (избыточное против состава хлорита, которое выпадало первично в виде гидроокислов) могло выпасть в виде соединений закиси в первую очередь сидерита и затем  $FeS_2$ .

Вероятно прослой оолитового гидрогетита можно было бы использовать как своеобразный, более или менее выдержанный стратиграфи-

---

<sup>1</sup> Железистый хлорит был впервые обнаружен нами в серовато-бурой оолитовой породе отвалов одной из дудок Промежуточного месторождения, а именно в участках этой породы с зеленоватым оттенком. После этой находки железистый хлорит удалось обнаружить в оолитовой гидрогетитовой породе юры Ново-Киевки и в составе цемента некоторых песчаников и алевролитов.

чески горизонт, судя по тому, что ни в одном из изученных нами разрезов не наблюдалось нахождения оолитового прослоя более чем в одном горизонте.

Третий комплекс пород юры Ново-Киевского месторождения представлен беловатыми и желтоватыми песками и галечно-гравийными отложениями с отдельными прослоями гравийных или галечных конгломератов и редкими тонкими линзовидными прослойками беловатой и светлой серовато-желтоватой глины, а также прослоями ржаво-бурого и бурого песка.

Для характеристики этого комплекса приведем один из разрезов его, наблюдавшийся в разnose по добыче песка. Здесь видна толща беловатого и светлосероватого разнозернистого, косослоистого песка с линзовидными прослойками белого кварцевого полуокатанного гравия, пересыпанного тем же песком. Косая слоистость, частью полого наклонная, более или менее горизонтальная, частью более крутонаклонная (до 15—30°). Участки с различным наклоном прослоев и отчасти характером слоистости имеют форму линз. Таким образом целый ряд линз с различной ориентировкой косою слоистости срезает друг друга. Создается впечатление слоистости типа речных русел или водных потоков при их впадении в бассейн. Механический состав в отдельных линзах колеблется от грубозернистого песка до песчаного алеврита того же цвета (беловатого) и местами до глинистого алеврита; в других случаях — от песка до полуокатанного гравия или слабоокатанной дресвы с тем же разделяющим разнозернистым песком.

Беловатые пески по своему составу глинисто-алевритовые, то главным образом мелкозернистые и частью среднезернистые, то среднезернистые с примесью крупнозернистых частиц. Среди обломочных зерен преобладает кварц. Кроме кварца среди алевритовых частиц содержится белая слюда, щелочьсодержащий каолинит, каолинит и некоторые другие минералы. Микрочешуйчатая масса представлена каолинитом, а также щелочьсодержащим каолинитом.

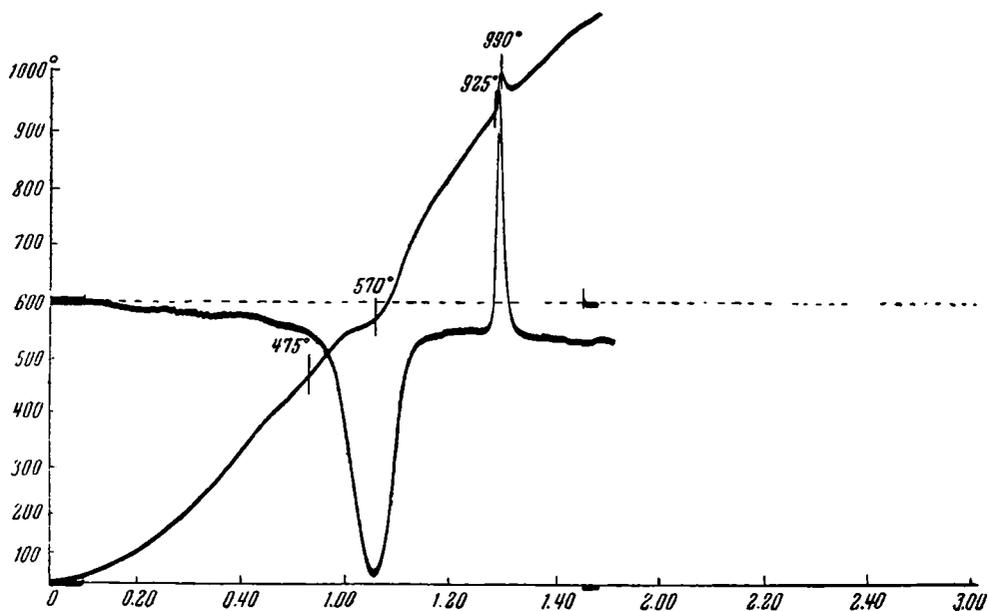
Желтые конгломераты представляют, в сущности, песчаные кварцевые гравийные конгломераты с глинисто-железистым цементом; они иначе могут быть названы кварцевыми конгломерат-песчаниками с глинисто-гидрогетитовым цементом. Обломочный гравийный материал представлен кварцем, частью несомненно жильным; форма частиц полуокатанная, иногда более или менее окатанная, размер их от 2 до 5 мм и несколько более. Песчаный (и отчасти алевритовый) материал представлен подавляюще кварцем, размер зерен которого главным образом от 0.07 или 0.1 мм до 0.45 или 0.76 мм. Форма песчинок кварца округленно-угловатая и угловатая; нередко зерна кварца как бы разъедены гидроокислами железа. Кроме кварца среди песчаных и алевритовых частиц попадают чешуйки белой слюды и щелочьсодержащего каолинита, а также измененного биотита. Цемент слагается главным образом гидроокислами железа. Обломочные зерна по преимуществу соприкасаются друг с другом. Цемент состоит из участков двух типов: а) преимущественно развиты участки гетит-гидрогетита, содержащего лишь отдельные чешуйки глинистых минералов; б) в подчиненном количестве находятся участки, состоящие из микрочешуйчатых глинистых частиц в смеси с тонкодисперсным гидрогетитом, или даже только пигментированные им.

Желто-бурые гравийные конгломераты и разнозернистые песчаники с гравием обладают гетит-гидрогетитовым цементом, с очень небольшими участками микрочешуйчатых глинистых минералов. Среди гравия и грубого и крупного песка наблюдается исключительно кварц. Средне- и мелкозернистый песок тоже главным образом кварцевый, но кроме него попадают отдельные зерна белой слюды и щелочьсодержащего каолинита. Галечный материал описываемого комплекса представлен

главным образом белым кварцем, затем слюдисто-кварцевыми сланцами, очень мелкозернистыми кварцевыми силицилитами и кварцитами.

Микроскопически изучались две светлые глины из описываемого комплекса. Одна из них, обладающая светлой серовато-желтоватой или беловатой окраской, слагается из микрочешуйчатого каолинита и отчасти щелочьсодержащего каолинита. Эта основная масса содержит алевритовые и отдельные песчаные чешуйчатые частицы измененного биотита. В отдельных небольших и неправильной формы участках порода содержится очень незначительную и тонко-распределенную примесь гидрогетита. Бросается в глаза отсутствие кварца и других нечешуйчатых обломочных частиц.

Другая глина под микроскопом оказалась алевритовой каолинитовой глиной. Основная масса ее слагается из микрочешуйчатого каолинита, который в отдельных небольших участках находится в виде агрега-



Фиг. 3. Кривая нагревания каолинитовой глины комплекса белых песков и галечников Ново-Киевского месторождения.

тов из очень мелких радиально-лучистых пучков. В очень небольшом количестве в состав микрочешуйчатой массы входит щелочьсодержащий каолинит и отдельные чешуйки белой слюды. Алевритовый материал представлен зернами кварца, а в большем количестве все теми же чешуйчатыми глинистыми минералами; содержатся вермикулиты каолинита. Описанная глина дает типичную для каолинита кривую нагревания (фиг. 3).

Подведем итоги по юре Ново-Киевки.

Комплекс серых (и отчасти темносерых) глин юры Ново-Киевки с мелкими углистыми остатками, часто в отдельных горизонтах, пронизанных тонкими трубчатыми пустотками от растительных остатков (разложившихся в положении роста), отвечает типичным озерным осадкам.

Желтоватые, палево-желтые и розовато-красные алеврито-глинистые породы, т. е., иначе говоря, комплекс ярко окрашенных алевритовых глин и алевритов, отвечают краевым частям подводных русел потоков в местах их впадения в бассейн, характеризовавшимся большим доступом кислорода ко дну. Поэтому-то в этом комплексе гораздо чаще содержится прослои алевритов и песков, отсутствуют, как правило, каравеевидные образования сидерита, мелкие конкреции  $FeS_2$  и углистые остат-

ки, столь свойственные комплексу серых глин юры Орловки и имеющие уже меньшее распространение среди комплекса серых глин Ново-Киевки. Словом, цветные алевритовые глины и алевриты связаны с более подвижными участками водоема, свидетельствуя своей окраской об обилии кислорода в придонных водах.

Грубозернистые и разномзернистые пески (прослоями с гравием и галькой) или гравий-галечники (с прослоями разномзернистых песков) представляют, видимо, русловые отложения или чаще подводные русла потоков в районе их впадения в бассейн.

Изложенные соображения подтверждаются целым рядом фактов, из числа которых укажем прежде всего на нередко наблюдающуюся связь окраски пород юры Ново-Киевки с их гранулометрическим составом. Серые глины и алевритовые глины отлагались в менее подвижных водах, чем красноватые и желтые алевритовые глины и алевриты. Алевриты и пески второго комплекса, отлагаясь обычно в условиях еще более подвижных вод, обладают желтой или светложелтой окраской. Создается впечатление, что более грубозернистые осадки формировались зачастую в условиях более обильного доступа кислорода ко дну. Помимо крупности зерна здесь, конечно, могло играть роль также первично различное содержание тонкорассеянного органического вещества, вероятно более обильного в мелкозернистых разностях.<sup>1</sup> Неравномерным могло быть и первичное содержание тонкорассеянных гидроокислов железа. Если мы вспомним, что цветные глины и алевриты Ново-Киевки совсем или почти не содержат мелких углистых обломков, не содержат конкреций  $FeS_2$ , а обычно и караваев сидерита, но зато содержат мелкие гидрогетитовые конкреции, часть которых, во всяком случае, первично гидроокисная, — то вполне естественно будет видеть во всем этом результаты процессов диагенезиса, происходивших в осадке.

В нормальных случаях часто наблюдается следующий порядок смены окрасок пород в ту или другую сторону: серая (иногда от черной или темносерой через серую) — красноватая — палево-розоватая — желтая. Зачастую при этом серые породы более глинистые, желтые богаче алевритовыми и песчанистыми частицами. Совершенно очевидно, что в различных пачках или точках разреза можно встретить желтые породы более глинистые, чем красные, и т. д. Кроме того, в силу влияния других факторов, в некоторых случаях можно встретить пачки серых глин с прослоями алевритов, которые могут смениться пачкой ярко окрашенных алевритовых глин. Наличие серых алевритов среди серых глин объясняется, возможно, приносом слагающего их материала поверхностным течением и изменением окраски в процессе диагенезиса. В тех случаях, когда серые глины сменяются постепенно желтыми глинисто-алевроитовыми породами, розовато-красноватые породы обычно занимают в разрезе промежуточное место между теми и другими. Наоборот, если серые и темносерые или черные глины сразу сменяются желтой глинисто-алевроитовой или особенно алеврито-песчаной породой, — вероятен местный размыв. Интересно, что в случаях срезания серых глин или желтовато-розоватых алеврито-глинистых пород желтыми алеврито-песчаными породами, можно видеть в последних отложениях, представляющих комплекс «подводного русла», последовательную смену механического состава. А именно происходит уменьшение величины зерна снизу вверх, затем переход в желтовато-красноватые алеврито-глинистые породы и, наконец, в алевритовые глины с изменением окраски на серую и с появлением тонких трубчатых пустоток от растительных остатков в положении роста.

<sup>1</sup> Необходимо отметить, что сама разница условий седиментации должна была приводить к тому, что углистые остатки и вообще органическое вещество должно было отлагаться в основном вместе с осадками комплекса серых глин, а не с цветными глинисто-алевроитовыми осадками.

Таким образом связь механического состава и окраски ярко окрашенных юрских пород Ново-Киевки нередко является несомненной. Однако природные условия были вероятно значительно сложнее нашей гипотетической схемы, на осадки накладывалось, повидимому, влияние и ряда других факторов, а потому мы далеки от того, чтобы утверждать повсеместность для юрской толщи даже одной Ново-Киевки связи окраски пород и их механического состава. Во всяком случае изложенные факты позволяют нам предполагать, что указанные изменения окраски и состава пород нередко отражают различную степень доступа кислорода ко дну, различную подвижность не только поверхностных, но и придонных вод.

Мы, конечно, учитываем другую возможность, а именно того, что окраска породы могла измениться вторично и притом в неодинаковой степени интенсивности в соответствии с различным механическим (и вообще петрографическим) составом выветривавшихся пород. В результате подобного процесса выветривания, захватившего уже всю<sup>1</sup> массу породы, теоретически можно допустить, что возникнет такая же разница окрасок пород, которая могла получиться и в результате процессов диагенеза осадка.

Все вышеприведенные факты с нашей точки зрения свидетельствуют о различном характере самого процесса седиментации комплекса серых глин и комплекса ярко окрашенных алевроитовых глин и алевроитов Ново-Киевки. Поскольку комплекс серых глин Ново-Киевки, как мы отмечали выше, отлагался в условиях уже несколько более близких к такому комплексу ярко окрашенных пород, то всего резче вышеуказанная разница вскрывается, если сравнивать комплекс ярко окрашенных пород Ново-Киевки с комплексом серых глин Орловки.

Не имея возможности привести здесь подробную сравнительную таблицу, добавим лишь, что случаи тонкого переслаивания серых и красноватых или красноватых и желтых алевроитовых глин на Ново-Киевском месторождении также говорят за то, что по крайней мере часть цветных окрасок безусловно сингенетична. Единичные случаи неясной дифференциации желтых и красновато-розоватых окрасок единичных образцов алевроитовых глин в равной мере допускают два объяснения — эпигенетическое и диагенезом осадка. Отметим здесь же, что на Промежуточном месторождении в некоторых дудках также фиксированы случаи тонкой перемежаемости различно окрашенных алевроито-глинистых пород. Интересно, что в единичных случаях под микроскопом удавалось видеть, что смена окраски не стоит в обязательной связи с механическим составом. Эти тонкополосчатые породы очень похожи на некоторые озерные ленточные глины. Однако маломощность и невыдержанность наших прослоев с тонкополосчатой окраской заставляют отказаться от рассмотрения их как нормальных озерных осадков. Скорее всего тонкая полосчатость окраски этих алевроитовых глин хотя и отражает сезонные изменения условий седиментации, но лишь в некоторой узкой, ограниченной, неправильных очертаний и очень небольшой площади дна бассейна, в пределах которой происходили сезонные перемещения самой крайней полосы более подвижных донных вод<sup>2</sup> (самая крайняя часть зоны затухания влияния впадающих в бассейн потоков на придонные воды последнего).

Необходимо указать, что эпигенетические окраски в пределах ком-

---

<sup>1</sup> Мы не рассматриваем здесь случаев пятнистой окраски, явно обусловленной выветриванием породы, так как они не вызывают особых сомнений и, как правило, отсутствуют в наших цветных отложениях.

<sup>2</sup> Отметим здесь, что случаи выклинивания целых пачек или «языков» ярко окрашенных алевроито-глинистых пород среди серых глинистых фиксируют более длительные, чем сезонные, колебания периферических частей полосы более подвижных донных вод.

плекса серых глин Ново-Киевки более или менее сходны с таковыми комплекса серых глин Орловки. Эти глины в результате выветривания также приобретают местами желтовато- или буровато-серую окраску. Процессы окисления карбонатов и линзовидных участков сидерита приводят здесь к изменению их собственной окраски, а также окраски вмещающих пород в направлении розовато-бурых, фиолетово-коричневых, красных, бурых и т. п. цветов.

В комплексах ярко окрашенных глин и алевритов наиболее неустойчивыми являются прослойки песчаников (и алевритов) с железистым или глинисто-железистым цементом и прослойки оолитовой породы. Как показывает микроскопическое изучение, в составе этих образований в настоящее время можно констатировать иногда заметное содержание железистого хлорита, в других случаях — очень небольшие участки его. Наоборот, в ряде случаев присутствие железистого хлорита совсем не удается установить, вероятно вследствие вторичного обожаривания. Естественно, что обожаривание железистых хлоритов этих пород привело к резкому преобладанию бурой и желто-бурой окраски. Миграция хотя бы и небольших порций гидроокислов железа вероятно сопровождалась некоторым побурением прилегающих алеврито-песчаных пород.

Что же касается вторичного изменения окраски самих ярко окрашенных алевритовых глин Ново-Киевки, то хотя оно теоретически и является возможным, мы думаем, однако, что роль его довольно ограничена. Возможно, что с подобными процессами связан местами наблюдавшийся переход красноватых глин Ново-Киевки в буроватые и светлобурые и некоторые другие более редкие случаи изменения окраски.

Поскольку на Промежуточном месторождении, так же как на Орловском и Ново-Киевском, самый нижний горизонт с пустотками от остатков растений в положении роста (а иногда и соответственными псевдоморфозами) зачастую захватывает и самую верхнюю часть рудной толщи, и поскольку алевритовые глины с трубчатыми пустотками от остатков растений (особенно серые и темносерые) тяготеют главным образом к нижней части разрезов хайбуллинской свиты периферических (и приостровных) частей Баймакской синклинальной зоны, и возникают в определенных условиях, — постольку они (особенно серые и темносерые глины с пустотками) могут служить до некоторой степени поисковым (или поисково-разведочным) признаком на полно развитую железорудную толщу халиловского типа. Последнее вытекает из того, что подобные глины отлагались в очень мелководных условиях и относительно спокойных водах в прибрежных частях хайбуллинского бассейна или бассейна Баймакской синклинальной зоны, что позволяет рассчитывать — при наличии поблизости серпентинитового массива — на залегание рядом с ними (ниже в разрезе или в стороны, в качестве синхроничной фации) железных руд халиловского типа, представляющих мелководные прибрежные отложения того же самого бассейна.

### ЮРСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ ГЕОРГИЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Георгиевское месторождение является одним из наиболее северных месторождений Халиловской группы, и в то же время юрская толща месторождения в значительной своей части обогащена грубообломочным материалом, отложениями потоков.

Юрские (хайбуллинские) отложения Орско-Халиловского района не могут быть охарактеризованы какой-либо одной сводной колонкой, ибо даже в пределах каждого отдельного месторождения происходят значительные изменения разреза, в одних случаях на меньших, в других случаях на больших расстояниях. Эта особенность ясно выражена в строении юры Ново-Киевки; она наблюдается и в Георгиевском месторождении. Несмотря на происходящие в разрезе хайбуллинской свиты

изменения, для отдельных частей месторождения иногда легко удается составить схематический сводный разрез. Так, юра (хайбуллинская свита) южной части Георгиевского месторождения явно подразделяется на две части: нижнюю — галечную, гравийно-галечную и валунно-галечную и верхнюю — песчано-алевроитовую с прослоями и слоями алевроитовых глин. Мощность этих отложений на востоке разведанной площади превышает 25 м. В следующей, к северу, четверти площади месторождения в составе юры ясно преобладают алевроитовые и сильно алевроитовые глины с прослоями и слоями сильно глинистых и глинистых алевроитов. Восточнее получают развитие песчаные и глинистые алевроиты, прослоями с гравием, прослой песка и единичные прослой гравия. В следующей, к северу, четверти (район оврага Матаган) в составе юры преобладают пески, пески с галькой и галечники, сверху покрывающиеся алевроитовыми глинами. Наконец, юра самой северной четверти площади Георгиевского месторождения слагается алевроитами и песками с прослоями алевроитовых глин и маломощными прослоями галечников гравия.

Гальки грубообломочных юрских отложений нижней половины хайбуллинской свиты Георгиевского месторождения слагаются из явно местных пород, что не позволяет, помимо целого ряда других обстоятельств, рассматривать эти псефиты как материал зоны приобя какого-либо крупного бассейна. Петрографическое изучение галек показало, что среди них развиты главным образом слюдисто-кварцевые сланцы, кварцевые, кварцитовидные силицилиты с чешуйками мусковита, жильный кварц, затем кварцевые — местами кварцево-альбитовые и альбитово-серпичитовые сланцы; изредка встречались обломки силифицированного серпентинита. Судя по петрографическому составу галек, псефитовый материал полимиктовый и, видимо, принесен с севера (возможно и с северо-северо-запада) потоками. Гальки пересыпаны песчано-алевроитовым материалом.

Анализ расположения мощных хайбуллинских галечников на площади южной части Георгиевского месторождения показывает, что направление потока на данной территории было более или менее меридиональное, точнее юго-юго-западное, т. е. было параллельно простиранию лежащего западнее, серпентинитового массива. Именно поэтому эти галечники и вскрываются только на юге месторождения, где разведочные линии отошли всего далее на восток от серпентинитового массива, тогда как к северу полоса грубо обломочных отложений данного потока выходит за восточную рамку разведанной площади месторождения.

Пульсация в жизни предполагаемых потоков и перемещения их осевых частей и устьев играли существенную роль в распределении грубообломочного материала в юрской толще.

Отложения хайбуллинской свиты более северных частей Георгиевского месторождения интересны, в свою очередь, в том отношении, что представляют в большей своей части осадки периферических частей тех потоков, грубообломочные отложения осевых частей которых развиты главным образом в южной части месторождения, а затем в районе оврага Матаган и в виде маломощных прослоев местами по восточной периферии разведанной площади месторождения.

Эти более мелкозернистые отложения представлены здесь глинисто-алевроито-песчаными породами, которые характеризуются следующими особенностями.

1. Преимущественно желтой окраской различных оттенков, затем светлосероватой, светлосерой и беловатой окраской, а местами розоватой и палево-красноватой.

2. Значительным развитием алевроитов и сильно алевроитовых глин и нередко (в переходной зоне к осевым частям потоков) резким преобла-

данием алеврито-песчаных пород с отдельными прослоями псефитов над алевритовыми глинами.

3. Отсутствием прослоев, в состав которых входит сингенетический железистый хлорит.

4. Отсутствием конкреций  $FeS_2$  и караваев сидерита.

5. Отсутствием, как правило, алевритовых глин с тонкими трубчатыми пустотками от остатков растений в положении роста.

Все эти признаки позволяют думать, что рассматриваемые отложения Георгиевского месторождения представляют уже не озерные осадки, а отложения периферических частей юрских (и в частности хайбуллинских) потоков. Как известно, уже П. Л. Безруков и А. Л. Яншин (1934) отмечали, что: «Пролювиальная фация юры характеризуется отсутствием сидеритов и пирита, хотя конкреции бурого железняка в ее глинистых разностях встречаются» (стр. 39).

Кроме вышеописанных галечников в верхней части разрезов юры Георгиевского месторождения местами наблюдаются менее мощные галечники более высокого — второго, так сказать, — горизонта, имеющие здесь небольшую мощность, видимо в силу последующего размыва, и в разрезах некоторых выработок непосредственно перекрывающиеся вышележащим базальным галечником морского  $Cl_2$ . Эти верхние юрские галечники, также полимиктовые и не отличающиеся по составу от типичных хайбуллинских псефитов, следует относить уже вероятно к зирен-агачской свите.

#### ЗИРЕН-АГАЧСКАЯ СВИТА ОРЛОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

При изучении надрудных отложений Орловского железорудного месторождения был установлен следующий их разрез.

1. Нижняя толща сложена преимущественно серыми алевритовыми глинами юры (хайбуллинской свиты), местами содержащими прослой алевритов и песков. В глинах юры нередко содержатся то конкреции серного колчедана, то караваевидные образования сидерита.

2. Над описанной толщей располагается очень маломощная пачка, сложенная буровато-желтыми и красными алевритовыми глинами.

3. Стратиграфически выше залегает толща светлосерых и розовато-серых полимиктовых разнзернистых песчаников с прослоями галечно-гравийных конгломератов, имеющих карбонатный, обычно кальцитовый (иногда доломитовый) цемент. Эти породы, по видимому, отвечают зирен-агачской свите юры в понимании П. Л. Безрукова и А. Л. Яншина (1934), которые приписывают последней среднеюрский возраст. Мною в этих породах, общая мощность которых, по видимому, не менее 15 м, не найдено никаких органогенных остатков;<sup>1</sup> не отмечались они и предыдущими исследователями. Таким образом отнесение этих пород к средней юре может базироваться лишь на стратиграфическом их положении в разрезе.

Из четырех описанных песчаников верхней свиты три имели кальцитовый цемент и один доломитовый. Псефитово-псаммитовые породы рассматриваемой свиты представлены: а) песчаниками; б) песчаник-конгломератами (когда в цементированной обломочной породе преобладание песчаных частиц над псефитовыми заметно, но невелико); в) конгломерат-песчаниками (когда псефитовый материал несколько преобладает над псаммитовым); г) гравийными и мелкогалечными конгломератами.

Песчаники содержат линзовидные прослой гравийного и мелкогалечного конгломерата. Местами наблюдается чередование прослоев песчаника и гравийного или галечного конгломерата.

Среди песчаных частиц на первом месте стоит кварц, частью жиль-

<sup>1</sup> За исключением проблематичных ядер фораминифер (?) и быть может очень мелких гастропод.

ный, в заметном количестве присутствуют обломки кварцевых силицилитов, халцедоновых и кварцевых силицитов, калиевого полевого шпата, главным образом микроклина, серицитово-кварцевых сланцев, затем — обломки гидрогетита, обломки и целые бобы гетит-гидрогетита и гидрогематита, обломки хлоритово-гидрогетитовой руды, реже — белая слюда, обломки серицитово-хлоритовых сланцев, обломки юрской (?) глины и очень редко моноклинный пироксен, обломки хлоритово-кварцевого сланца, гранат, биотит, эпидот, зерна кварца с включениями апатита, магнетит, гидрогематит. Среди гравия и мелких галек преобладает кварц (частью жильный), затем присутствуют силицилиты, микроклин, слюдисто-кварцевые сланцы, обломки кремнистых образований карбонатных толщ, редко — обломки диабазы и некоторых других пород.

При осмотре одного старого шурфа, где вскрывается нижняя часть конгломератово-песчаниковой толщи и ее контакт со стратиграфически ниже лежащими отложениями, наблюдались (снизу вверх):

1) красная, местами желтовато-серая алевритовая глина; видимая мощность 0.10 м;

2) желтовато-серая алевритовая, очень сильно песчанистая глина, ясно вскипающая с HCl, переходящая в того же цвета сильно глинистый песок; встречаются участки, обогащенные гравием, сцементированные частью в известковистый гравийный конгломерат; мощность 0.25 м;

3) линзовидный или «дырчатый» (Теодорович, 1935<sub>2</sub>) прослой известняка, мощностью обычно около 3—5 см, но местами до 10 см; а) известняк обычно желтого и грязно-желтого цвета с многочисленными марганцовыми дендритами; б) на других участках известняк бурый, местами грязно-желтый, также с дендритами; в) наконец, отдельные каравеевидные участки слоя обладают коричневато-бурой окраской (с узорами желтой разности); также содержат многочисленные марганцовые дендриты;

4 а) полимиктовый гравий и песок, местами переходящие в рыхлый конгломерат или песчаник; видимая мощность 0.50 м; выше интервал 0.65 м, закрытый крепью; б) песчаники и конгломераты, обычные для данной толщи (см. выше), мощностью около 5 м; в) прослой алевритово-песчаного доломита мощностью 10—15 см; порода обладает неоднородной сероватой окраской и неправильно изгибающимися тонкими трубчатыми пустотками, имеющими частью некоторое сходство с пустотками от остатков растений; г) гравийные конгломераты и песчаники, которые вместе с почвой составляют 3.20 м.

Породы пачек 3 и 4 подверглись микроскопическому изучению и отчасти химическим анализам.

Слой 3 а. Желтый и грязно-желтый известняк с многочисленными марганцовыми дендритами под микроскопом обнаруживает неоднородное строение: в общем это микрозернистый известняк с алевритовыми и затем песчаными частицами (подтип «а»); в других случаях порода почти лишена некарбонатных примесей (подтип «б»). Химический анализ известняка подтипа «б» (аналитик П. А. Волков, ИГН) дал следующие результаты (в %):

CaO	MgO	FeO	MnO	CO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (TiO <sub>2</sub> + +P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Сумма
51.08	0.36	Нет	0.62	40.64	4.77	0.41	1.08	0.73	99.69

Анализ показывает, что порода сложена кальцитом, содержит очень небольшое количество терригенного обломочного материала, но богата примесью гидроокислов железа<sup>1</sup> и содержит окислы марганца.

<sup>1</sup> Часть гидроокислов железа находится в виде обломочных частиц.

В подтипе «а» основная масса микрозернистая, среди нее содержатся непрозрачные (черно-коричневые или черные в отраженном свете) дендритовидные очень мелкие образования окислов марганца и гидроокислов железа, небольшая рассеянная примесь гидрогетита и обломочный материал, главным образом некарбонатный, а отчасти кальцитовый, преимущественно в виде алевритовых частиц.

Состав обломочных зерен не отличается от такового песчаников, но несколько менее разнообразен. Отмечены неправильной формы участочки, сложенные очень мелкими, неправильно-овальными или вытянуто-веретеновидными зернами карбоната, пространство между которыми сложено параллельно-пластинчатым гипсом.

С л о й 3 б. Бурый, местами грязно-желтый известняк был также подвергнут химическому анализу (аналитик П. А. Волков) со следующими результатами (в %):

CaO	MgO	FeO	MnO	CO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Ti) <sub>2</sub> O <sub>3</sub> P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Сумма
48.42	0.53	Нэт	0.58	38.92	3.78	0.59	6.00	0.76	99.58

Химический анализ показывает, что основная масса породы сложена также кальцитом, содержащим небольшую примесь терригенного обломочного материала, гидроокислов железа и окислов марганца. Под микроскопом порода дает картину песчаниковидного известняка, представляя внутрислоевой известняковый песчаник с известковистым цементом. Гидроокислы железа и марганца, помимо явно неорганических выделений и дендритов, местами образуют скопления, представляющие как бы ядра фораминифер (фиг. 4 и 5) и, быть может, очень мелких гастропод.

Обломки (микрозернистого) известняка полуокатанные, размером от 0.04 до 2.00 мм, главным образом от 0.10 до 1.00 мм, с отдельными более крупными полуокатанными обломками того же состава. Цемент породы — микрозернистый кальцит. Обломки имеют слабый желтоватый оттенок от ничтожной примеси тонкодисперсного гидрогетита, тогда как карбонат цемента почти без примеси последнего. Интересно, что среди более крупных обломков имеются такие, внутри которых можно различить песчинки и цемент обычного для данной породы типа, что указывает на многократный переувлажнение. Алевритовые частицы кварца содержатся в виде отдельных зерен среди цемента породы или внутри сложных песчинок.

Выделения гидроокислов железа и окислов марганца наблюдаются главным образом внутри песчинок, т. е. их выпадение имело место главным образом до, но отчасти и после переувлажнения карбонатного материала. Аналогично внутри полуокатанного гравия отмечены единичные прожилковидные участочки с гипсом, выпадение которого происходило, следовательно, до размытия карбонатного материала.

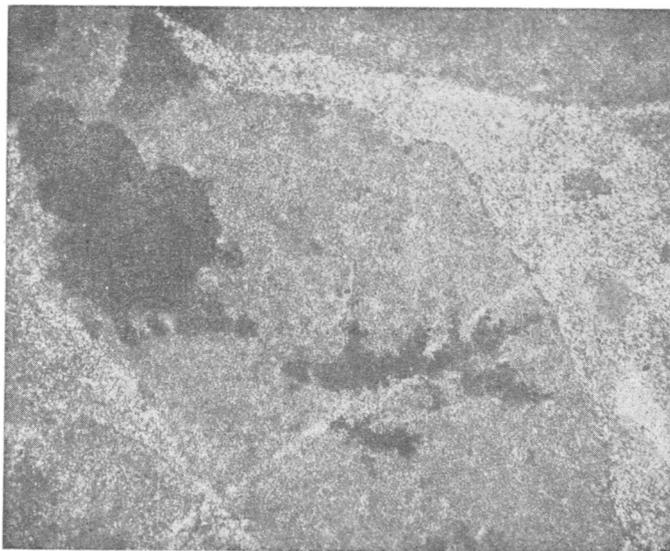
В других случаях участки песчаниковидного известняка описанного типа сменяются участками из переслаивающихся прослоев: а) более толстых — микрозернистого известняка светлого буровато-желтоватого цвета в шлифе, то однородного то изобилующего полуокатанными внутрислоевыми песчинками микрозернистого известняка; б) более тонких — светлого в шлифе микрозернистого кальцита.

С л о й 3 в. Коричневато-бурый известняк также обладает микрозернистой структурой.

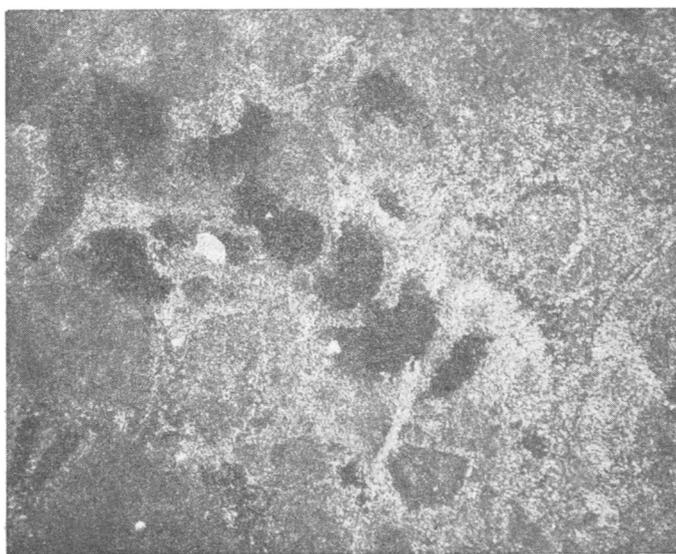
Кроме того, микроскопически был изучен прослой алевритового доломита, с неправильно изгибающимися трубчатыми пустотками (слой

4в). Химический анализ этой породы (аналитик П. А. Волков) дал следующие результаты (в %):

CaO	MgO	CO <sub>2</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (TiO <sub>2</sub> + +P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	SiO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O пр. опр.	Сумма
18.44	12.72	25.44	0.61	2.19	5.53	29.36	5.67	99.96



Фиг. 4. Известняк с выделениями гидроокислов железа и марганца в псевдоморфозах по ядрам организмов. Орловское месторождение,  $\times 75$



Фиг. 5. Известняк с выделениями гидроокислов железа и марганца в псевдоморфозах по ядрам организмов. Орловское месторождение,  $\times 75$

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Железородные месторождения халиловского типа связаны с нижнеюрскими отложениями прибрежных частей бассейна или озерных бассейнов Баймакской синклиналильной зоны и местами фашиально переходят в нижние горизонты нерудных пород (периферических частей) хайбуллинской свиты. На этом основании как на Орловском, так и на Промежуточном месторождениях устанавливается нижнеюрский (верхнелейасовый) возраст верхней части железорудной толщи (бобово-оолитовых руд).

Юрские отложения района Халиловских железорудных месторождений не могут быть охарактеризованы какой-либо одной сводной колонкой, так как нередко даже в пределах одного месторождения происходят значительные изменения разреза, в одних случаях на меньших, в других — на больших расстояниях.

Большая или, во всяком случае, значительная часть материала, слагающего юрские отложения хайбуллинской свиты, принесена с севера, другая же часть их представляет переотложенные продукты древней коры выветривания более близко лежащих областей. Полимиктовый характер осадка может возрасти таким образом не только за счет принесенных с севера разнообразных материалов древних и нижнепалеозойских свит, но местами и в результате значительного содержания продуктов древней коры выветривания из ближе расположенных мест.

2. Общим признаком отложений хайбуллинской свиты района является отсутствие или, во всяком случае, бедность их  $\text{CaCO}_3$ , при одновременно довольно частых находках сидерита и реже  $\text{FeS}_2$  в комплексах преимущественно серых глин. Первое указывает на то, что придонные воды не были явно щелочными. Сидерит не позволяет предполагать резко кислой среды, так как может отлагаться лишь в слабокислых водах, нейтральных и даже щелочных. В итоге придонные воды носили, видимо, слабокислый и быть может нейтральный характер. В этих условиях было бы странным настаивать на полном первичном отсутствии  $\text{CaCO}_3$  в отложениях хайбуллинской свиты. Тем не менее справедливым остается заключение о том, что, как правило, или, во всяком случае, обычно величины рН придонной воды и осадков интересующего нас бассейна или бассейнов не достигали оптимальных для  $\text{CaCO}_3$  значений.

3. Изучение хайбуллинских отложений юры района Халиловских железорудных месторождений показывает, что в более северных и более периферических частях Баймакской синклиналильной зоны разрез хайбуллинской свиты характеризуется большей изменчивостью. Наоборот, южнее, в районе Орловского месторождения намечается существование водного бассейна со спокойными водами и отдельным островом среди него.

Существование бассейна намечается и по западной периферии Баймакской депрессии широтными разрезами Промежуточного железорудного месторождения.

Таким образом можно думать, что в более южных частях Баймакской синклиналильной зоны в верхнелейасовое время существовал единый водный бассейн с рядом островов, который в более северных и периферических частях депрессии переходил в область озер, или что в южной части Баймакской зоны находились сообщающиеся между собой более крупные (чем на севере) озерные бассейны.

Намеченная картина, хотя и довольно близка к данной П. Л. Безруковым и А. Л. Яншиным (1934), все же существенно от нее отличается. Согласно этим геологам, «отложение слоев юры происходило не на дне одного большого озерного водоема, занимавшего всю южную часть Баймакской синклиналильной зоны, а в отдельных мелких бассейнах, запол-

нявшихся осадками, пересыхавших, возникавших на соседних площадях и снова заполнявшихся осадками.

Изменения очертаний указанных нами бассейнов и поднятия отдельных частей «области питания» их обломочным материалом создавали достаточно сложную и прихотливую переменяемость различных петрографических типов юрских отложений, нередко трудно сопоставляемых даже в близких разрезах,— признаки, достаточно характерные для ряда областей континентального осадконакопления.

4. Юрские и, в частности, хайбуллинские отложения района Халиловских железорудных месторождений слагаются не только озерными и дельтово-озерными осадками, но частично уже и настоящими отложениями потоков: как грубообломочными осадками осевых частей потоков, так и более мелкозернистыми осадками периферических частей их.

При рассмотрении третьего комплекса юры Ново-Киевки мы уже отмечали, что песчано-псефитовые отложения этого комплекса представляют не только выносы потоков при их впадении в бассейн, но и осадки типа русел. Довольно типичные отложения осевых частей потоков описаны нами из юры Георгиевского месторождения. Что же касается более мелкозернистых периферических осадков потоков, отлагавшихся до впадения потоков в озерные бассейны, то к числу их можно относить, как нам думается, лишь те пачки глинисто-алеврито-песчаных пород юры района, которые характеризуются следующими признаками: а) лишены прослоев, в строении которых принимают участие сингенетический железистый хлорит и конкреции  $FeS_2$ ; б) обладают главным образом желтой окраской различных оттенков, затем светлосероватой или светлосерой; в) характеризуются значительным развитием алевритов и сильно алевритовых глин.

Эти отложения, накопившиеся все же с достаточно большой скоростью, распространены в юре (в частности, в хайбуллинской свите) более северных месторождений района. Они описаны нами на примере юры Георгиевского месторождения.

Таким образом для более северных частей Баймакской депрессии наши данные (например, по Георгиевскому месторождению) вполне согласуются с наблюдениями П. Л. Безрукова и А. Л. Яншина (1934, стр. 23): «Сплошные серии галечников прослеживаются в хайбуллинской свите полосами, между которыми в составе свиты преобладают тонкие пески и песчанистые глины, отлагавшиеся на периферии потоков, переносивших грубый обломочный материал».

5. Грубообломочные образования характеризуют зирен-агачские отложения, сохранившиеся в районе Халиловских железорудных месторождений лишь местами и представленные здесь как раз своей нижней пролювиальной частью (Ново-Киевка) или (южнее и восточнее) выносами потоков в бассейн (Орловское месторождение).

Во время средней юры (зирен-агачская свита) в южных частях Баймакской зоны (Орловское месторождение, Аккермановско-Орский район) отлагались полимиктовые песчаные и псефитовые осадки с обильным содержанием  $CaCO_3$ , а местами и доломита (полимиктовые песчаники и конгломераты).

#### IV. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ХАЛИЛОВСКИМ ХРОМО-НИКЕЛЕВЫМ ЖЕЛЕЗНЫМ РУДАМ И ВОПРОСЫ ИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

(Я. И. Долицкий, В. В. Кондаков и Ю. Р. Тишбейн) \*

##### МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РУД И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К НИМ

Халиловские природно-легированные руды содержат, помимо железа и обычных спутников его — марганца, фосфора и серы, также следующие элементы: никель, хром, кобальт, титан и ванадий. Состав пустой породы характеризуется присутствием: кремнезема, глинозема, содержащегося в халиловской руде в значительных количествах, а также извести и магнезии. Из спутников железа особую ценность представляет никель, полностью восстанавливающийся и переходящий при доменной плавке в чугуны. Относительно менее ценным является хром, восстанавливающийся в доменной печи частично. Ценность последнего как легирующего элемента, значительно понижается из-за больших затруднений, создаваемых им при переделке чугуна в сталь.

Переходя к установлению технических требований к халиловской руде, начнем с определения нижнего предела содержания железа и никеля. Как известно, одни технологические соображения не дают возможности установить для этого предела определенных значений. Хотя технологические условия переработки железных и никелевых руд несомненно ухудшаются с понижением содержания в них железа и никеля, тем не менее определенного нижнего предела для них не существует. Этот предел может быть установлен лишь исходя из экономических соображений, особых для каждого случая переработки руд, для чего потребовалось бы проведение ряда детальных технико-экономических подсчетов, освещающих стоимость переработки руд, начиная с их добычи и кончая получением готового металла. При оценке эффективности использования комплексных железо-никелевых руд пришлось бы кроме того учесть улучшение свойств металла от присутствия в нем никеля, определив в цифровых выражениях эффект от удлинения сроков его службы благодаря повышению механической и химической стойкости, от понижения веса конструкций при сохранении их механической прочности и т. д.

В виду чрезвычайной сложности таких подсчетов, а также отсутствия необходимых для этого исходных данных, подойдем к разрешению поставленного вопроса более простым способом. Во-первых, будем рассматривать комплексную железо-никелевую руду как смесь двух руд — железной и никелевой, и во-вторых, при установлении нижних пределов для содержания железа и никеля, используем опыт мировой металлургической практики, позволяющей ориентировочно наметить довольно определенные значения для этих пределов.

К числу беднейших железных руд, проплавляемых в настоящее

\* ИГН. Выпуск 67. Серия рудных месторождений (№ 6). 1941.

время в СССР, принадлежат руды тульская и керченская. При пересчете на абсолютно сухую руду, т. е. руду, лишенную как гигроскопической, так и гидратной влаги, обе они содержат 40—45% Fe. Благодаря этому выход шлака при их проплавке доходит до 0.9—1.1 тонны на тонну чугуна. Из проплавляемых в настоящее время руд иностранных месторождений самыми бедными являются французская руда Минет, английские глинистые сидериты Кливлендского и других округов и алабамские бурые железняки США. Руды Минет, содержащиеся в пустой породе значительное количество извести, для сравнения служить не могут. Английские глинистые сидериты содержат 29—31% Fe при 27—30% потерь от прокаливания, что соответствует содержанию железа в абсолютно сухой руде в количестве 39—43%. Алабамские бурые железняки при 40% Fe в среднем содержат 12—15% гидратной влаги, что дает 45% Fe в пересчете на абсолютно сухую руду. В самое последнее время очень бедные руды проплавляются в Германии. К числу их принадлежит, например, руда Гутмандинген (Доггер) с 20% Fe и 30% потерь от прокаливания, т. е. с 28.5% Fe в пересчете на абсолютно сухую руду. Неэкономичность технологической переработки руд с подобным содержанием железа для всех очевидна. Использование их было вызвано теми затруднениями, которые испытывала Германия в снабжении богатыми железными рудами, в частности шведскими.

Отбрасывая в силу сказанного исключительный случай проплавки руд, содержащих ниже 30% Fe, на основании приведенных выше цифр, в качестве нижнего предела для содержания железа в абсолютно сухой руде можно принять 40%. Единица железа в этом случае отвечает 2.5 единицы руды.

Для нижнего предела содержания никеля мировая практика дает более пестрые цифры, поскольку он зависит как от минералогического состава руды, так и от избираемого способа ее переработки. В случае пирометаллургического способа проплавки окисленных никелевых руд (гарниеритовых и др.) нижний предел содержания никеля ориентировочно может быть установлен в 3%, считая за абсолютно сухую руду. Единице никеля в этом случае отвечают 33.3 единицы руды.

Исходя из приведенных выше цифр, нетрудно установить следующую количественную зависимость нижнего предела содержания никеля в комплексной железо-никелевой руде от содержания в ней железа:

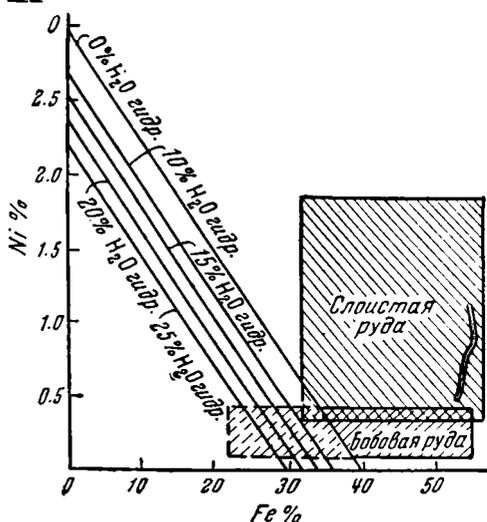
$$Ni = 100 - W_{\text{гидр}} - 2.5 Fe : 33.3$$

Здесь Ni, Fe и  $W_{\text{гидр}}$  — процентные содержания никеля, железа и потеря от прокаливания в руде. На основании этой формулы легко далее построить диаграмму, изображенную на фиг. 1. Для наглядности на этой же диаграмме нанесены и предельные содержания железа и никеля в халиловской руде. Учтя, что халиловская руда дает 10—15% потерь при прокаливании, из диаграммы можно видеть, что нижний предел содержания железа в ее бобовой разновидности должен быть принят равным 30%, при содержании никеля не ниже 0.4%, и 35%, при содержании никеля 0.1%. В слюистой руде благодаря более высокому содержанию никеля названные предельные значения для содержания железа могут быть понижены. Однако практически такой необходимости не имеется, поскольку, как видно из диаграммы, основная масса запасов удовлетворяет указанным предельным значениям. На предельное содержание железа в руде, конечно, должно влиять и содержание в ней гидратной влаги, а также других потерь от прокаливания. Высокое содержание гидратной влаги, увеличивая расход горючего в доменной печи и повышая, следовательно, себестоимость выплавляемого чугуна, снижает нижний предел содержания железа в абсолютно сухой руде. В результате этого, предельное содержание железа для руды с гидратной влагой в воздушно-сухом состоянии

должно быть выше, чем для руды без гидратной влаги в абсолютно сухом состоянии. Учитывая сказанное, для бобовой руды следует принять несколько бóльшие значения для нижнего предела содержания железа и никеля, именно для железа 34%, при содержании никеля не ниже 0.4%, и 38%, при содержании никеля ниже 0.1%. Для слоистых руд из тех же соображений можно остановиться на содержании железа — 35%, при содержании никеля ниже 0.35%, и соответственно 31%, при содержании никеля выше 0.65%. Установленные пределы для содержания железа и никеля могут считаться одинаково пригодными как в случае выплавки передельных чугунов, так и при производстве чугунов литейных. Из приведенных выше примеров мировой практики часть относится к выплавке литейных чугунов (тульские и алабамские руды), а часть — передельных (керченские, кливлэндские и пр. руды), между тем нижний предел содержания железа при пересчете на абсолютно сухую руду представляется во всех случаях одинаковым.

Переходя к хрому, необходимо отметить, что содержание его в халиловских рудах значительно превосходит желательное для выплавки как литейных, так и передельных чугунов и в особенности последних. Как вытекает из физико-химических условий окисления хрома и фосфора, при любых процессах производства стали почти безразлично как с основной, так и с кислой футеровкой, обезфосфоривание хромистого металла возможно лишь

при условии одновременного удаления из него значительного количества хрома. Поэтому предел хромистых чугунов должен неизбежно сопровождаться, во-первых, безвозвратной потерей большей части хрома, во-вторых, получением, благодаря ошлакованию его, густых, трудно скачиваемых шлаков, понижающих производительность сталеплавильных агрегатов, повышающих расход горючего и т. п. Последнее будет особенно сказываться при основных шлаках и, следовательно, основной футеровке. Как показал опыт, отношение содержаний хрома и фосфора в стали при данных условиях ее выплавки сохраняется более или менее постоянным. Оно будет тем бóльшим, чем более основен шлак и меньше начальное содержание фосфора в чугуне. При определенном содержании фосфора, повышение содержания хрома в стали возможно лишь путем увеличения основности шлака. Однако такой путь ограничен довольно узкими пределами, так как повышение основности сравнительно быстро ведет к загустению шлака, особенно при содержании в нем окиси хрома выше 12%. Практически рассчитывать на сохранение хрома в стали выше 0.3—0.4% не приходится, даже при сравнительно низкой фосфористости чугуна (а, следовательно, и руды, например елизаветинской). Весь излишек хрома неизбежно выгорит и будет безвозвратно потерян. Отсюда, если учесть все сказанное относительно влияния хрома на повышение вязкости передельных шлаков, содержание его в чугуне и руде надо признать совершенно бесполезным и даже вредным. Текучесть шлака получается удовлетворительной лишь при содержании в нем окиси хрома до 8%. Это дает возможность под-



Фиг. 1. Зависимость нижнего предела содержания никеля в халиловской руде от содержания в ней железа

считать, что содержание хрома в чугунах должно быть не выше 2.5—3.0% (при выходе передельного шлака 0.4 т на тонну стали), а в руде отношение Fe : Cr не ниже 25—20 (считая потери хрома в доменный шлак равными около 70%). При 40% Fe в руде этому соответствует 1.6—2.0% Cr или 2.3—2.9% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Мало желательным является содержание хрома в руде и для выплавки литейных чугунов. По формуле, предложенной С. С. Некрытым,<sup>1</sup> нетрудно установить, что для получения оптимальных условий графитизации халиловские чугуны должны были бы содержать 0.4—0.6% Cr. Следовательно при 40% Fe в руде последняя должна содержать всего 0.25—0.38% Cr или 0.36—0.55% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Хотя эти предельные значения и более низки, чем в случае использования руд для выплавки передельного чугуна, однако они являются менее строгими, так как влияние избытка карбидообразующего хрома может быть всегда компенсировано либо дополнительным легированием чугуна никелем, либо введением избытка кремния, путем добавления к легированному чугуну обычного. Несмотря на то, что последний путь, очевидно, должен сопровождаться понижением содержания никеля, тем не менее он открывает достаточно широкий путь для использования природно-легированных чугунов в качестве ценной добавки к обычным. Поэтому практически верхний предел для содержания хрома в руде при выплавке литейных чугунов может быть установлен даже выше, чем при выплавке передельных. Тем не менее, исходя из формулы С. С. Некрытого и других данных, следует считать, что содержание хрома в руде с содержанием 40% Fe и 0.5—1.5% Ni все же не должно превышать 3.0—3.5% (4.5—5.2% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). В противном случае возможная добавка легированного чугуна к обычному с 2% Si и 1% Mg снизится ниже 5—7%.

Как уже отмечалось, фосфор является крайне нежелательным элементом для передельных хромистых чугунов. В первом приближении можно считать, что остаточное содержание хрома в стали обратно пропорционально квадратному корню от содержания фосфора в чугунах. А так как весь фосфор, содержащийся в руде, полностью восстанавливается в доменной печи и переходит в чугун, то, чем выше фосфористость руды, тем меньшее остаточное содержание хрома может быть достигнуто в стали и тем больше будут потери хрома в передельный шлак. Так, например, для достижения остаточного содержания хрома в стали 0.3%, содержание P в чугунах не должно превышать 0.4%, а при остаточном содержании хрома в стали 0.4% — содержание фосфора в чугунах не должно превышать 0.35%. Учитывая поступление фосфора из золы кокса и известняка, этим пределам фосфористости чугуна отвечает предельное содержание фосфора в руде, содержащей 40% Fe, равное 0.14—0.17%, или 0.3—0.4% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Наконец, при использовании халиловских руд для производства литейных чугунов, содержание фосфора не должно быть выше 0.3—0.5% в чугунах, или 0.12—0.21% в Fe, т. е. 0.25—0.45% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в руде с 40% содержанием Fe.

Содержание марганца в природно-легированных чугунах желательно иметь в пределах 1—2% в случае передельного чугуна и не выше 1% в случае литейного. Этому соответствует 0.7—1.4% Mn или 0.9—1.8% MnO в руде с содержанием 40% Fe. В первом случае содержание марганца может быть и повышено, хотя это и поведет к бесполезной потере его в передельный шлак. Во втором случае повышение содержания марганца сверх указанного предела крайне нежелательно, учитывая его сильную склонность к карбидообразованию.

Содержание серы в халиловских рудах обычно невелико и не требует особого ограничения, в особенности, если принять во внимание

<sup>1</sup> Уральская металлургия, 1936, № 5.

большой выход шлака при плавке этих руд. Все же содержание серы выше 0.15—0.20% представляется мало желательным.

Остальные из перечисленных выше элементов являются для качества металла очень ценными и потому содержание их в руде ничем не ограничивается.

Перейдем теперь к рассмотрению требований к составу пустой породы руды. Пустая порода халиловской руды характеризуется высоким содержанием кремнезема и глинозема и умеренным содержанием извести и магнезии. Прежде большие опасения вызывало повышенное содержание в руде глинозема. В настоящее время они в значительной степени отпали, так как экспериментальные исследования Мак-Кеффри (Mc Saffery,<sup>1</sup> дополненные в области высокоглиноземистых шлаков А. Д. Сокольским<sup>2</sup> показали, что шлаки, содержащие 43—50% CaO, 10—50% SiO<sub>2</sub> и 0—40% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, являются достаточно текучими. Это же было подтверждено многолетним опытом работы Магнитогорского завода на шлаках с 18—22% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и опытами выплавки из халиловской руды алюмосиликатных шлаков.

В заключение следует остановиться на требованиях к физическим свойствами рассматриваемых руд, главным образом к их кусковатости и гигроскопической влажности. Требования эти носят, конечно, совершенно факультативный характер и далеко не всегда могут быть удовлетворены. Тем не менее в тех случаях, когда это возможно, желательно использование в первую очередь ресурсов наиболее сухой и кусковатой руды. Сравнительно высокая восстановимость этой руды, с одной стороны, и трудная обогатимость, с другой, заставляют предполагать с большей долей вероятности, что халиловская руда будет поступать в доменные печи почти без всякой подготовки, исключая дробление кусков выше 120—150 мм. Между тем согласно расчетам, сделанным в свое время Гипромезом, уже при содержании в руде выше 20% мелочи, потребуются ее аггломерация. Ориентировочные подсчеты в современных условиях дали несколько более высокую цифру для предельного содержания мелочи, а именно 25%. При большем содержании, мелочь придется отгрохочивать и аггломерировать, что значительно усложнит все рудное хозяйство. Наконец, содержание гигроскопической влаги в рудах не должно превышать 20—25% и как исключение 30%, во избежание затруднений при их проплавке в доменных печах и аггломерации.

На основании всего изложенного выше основные технические требования к халиловским рудам можно сформулировать следующим образом.

1. Содержание железа и никеля в руде должно быть, по возможности, большим и желательно не ниже 34—35% Fe при 0.4—0.35% Ni, 38% Fe при <0.1% Ni и 31% Fe при >0.65% Ni.

2. Содержание хрома в рудах, предназначенных для выплавки перепельных чугунов должно быть, по возможности, наименьшим и, во всяком случае, не выше 1.6—2.0% Cr (2.3—2.9% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) при содержании железа в 40%. При большем или меньшем содержании железа, предельное содержание хрома должно быть соответственно увеличено или уменьшено. Предельное содержание хрома в рудах, назначаемых для выплавки литейных чугунов, может быть повышено до 3.0—3.5% Cr (4.5—5.2 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

3. Содержание фосфора в рудах, предназначенных для выплавки перепельных чугунов, должно быть, по возможности, минимальным и во всяком случае не превышать в рудах с 40% Fe: а) 0.14—0.17% P (0.3—0.4% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) — при выплавке основного мартеновского чугуна; б) 0.020—

<sup>1</sup> См. акад. М. А. Павлов. Расчет доменных печей, 1933.

<sup>2</sup> Уральская металлургия, 1936, № 8, 7.

0.025% Р (0.045—0.055%  $P_2O_5$ ) — при выплавке бессемеровского чугуна (в обоих случаях на коксе) и в) 0.015—0.017% Р (0.035—0.040%  $P_2O_5$ ) при выплавке кислого мартеновского чугуна на древесном угле. При изменении в ту или другую сторону содержания железа в руде, предельные содержания фосфора должны быть соответственно увеличены или уменьшены. Предельное содержание фосфора в рудах, предназначенных для выплавки литейных чугунов, может быть повышено до 0.12—0.21% Р (0.25—0.45%  $P_2O_5$ ).

4. Содержание марганца в рудах, предназначенных для выплавки передельных чугунов, должно лежать в пределах 0.7—1.4% Мп (0.9—1.8% МпО), хотя и не исключается возможность некоторого перехода за эти пределы. В рудах, предназначенных для выплавки литейных чугунов, содержание марганца должно быть, по возможности, наименьшим и, во всяком случае, не выше 0.7% Мп (0.9% МпО), считая на руду с содержанием 40% Fe.

5. Содержание серы не должно превышать 0.15—0.20%.

6. Содержание кобальта, титана и ванадия может быть любым. Желательно более высокое.

7. Пустая порода руд должна содержать, по возможности, больше извести и магнезии и меньше кремнезема и глинозема. Отношение глинозема к кремнезему в халиловской руде может изменяться в довольно широких пределах, во всяком случае от 0.8 и выше.

8. Содержание мелочи в рудах, по возможности, не должно превышать 25%.

9. Содержание гигроскопической влаги не должно превышать 20—25% и, в крайнем случае, 30%.

Эти требования следует дополнить постоянством состава руд, их влажности и кусковатости. Для достижения этого необходимо разработать такую классификацию руд, которая обеспечивала бы минимальные отклонения состава и других свойств руд от некоторых средних значений. В особенности это касается содержания железа, хрома, фосфора, глинозема, влажности и кусковатости.

#### ОПТИМАЛЬНЫЕ ПУТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД ХАЛИЛОВСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЧУГУНА И СТАЛИ

Использование чугунов, выплавляемых из халиловских руд, возможно в двух направлениях: в качестве литейного материала для производства высококачественного, легированного литья и в качестве полупродукта для последующего передела в качественные, низколегированные марки стали. С начала разработки халиловских руд и по настоящее время их использование производилось почти исключительно в первом направлении. Производству стали из халиловских чугунов должного внимания не уделялось. Правда, в 1932—1933 гг. с халиловскими чугунами был проведен ряд опытных плавов на различных мартеновских печах, но, к сожалению в условиях, весьма отличных от оптимальных для передела этих чугунов в сталь. Затем опыты прекратились и в течение ряда лет больше не возобновлялись.

Такое одностороннее разрешение проблемы использования чрезвычайно ценных природно-легированных халиловских руд никак нельзя признать правильным.

В настоящее время халиловский литейный чугун завоевал себе прочную репутацию ценной добавки для чугунного литья. Поэтому нет необходимости подробно останавливаться на преимуществах его использования для этих целей. Отметим только самые важные.<sup>1</sup>

Добавка халиловского чугуна к литью значительно улучшает его механические качества и химическую стойкость. Это объясняется глав-

<sup>1</sup> Подробнее см. записку Гипромеза по использованию елизаветинских руд.

ным образом положительным влиянием содержащихся в них никеля и хрома на измельчение структурных составляющих чугуна, в особенности его основной металлической массы. На процесс графитизации, наоборот, они влияют в противоположном направлении. В то время как никель оказывает достаточно сильное графитизирующее действие, хром действует карбидизирующее. Для достижения наилучшего эффекта влияние хрома и никеля должно быть взаимно уравновешено как между собою, так и в отношении графитизирующего и карбидизирующего действия других элементов — кремния, марганца, титана, ванадия. Отсюда следует, что содержание хрома и никеля в чугунном литье должно быть подчинено известной закономерности в зависимости от его состава в отношении прочих элементов, назначения и размеров. Исследования С. С. Некрытого показали, что халиловские чугуны сами по себе обладают избытком хрома, вследствие чего не могут использоваться непосредственно для литейных целей. Для такого использования необходимо либо увеличить содержание в них никеля, путем дополнительного легирования металлическим никелем, либо компенсировать избыток хрома введением другого графитообразующего элемента помимо никеля, проще всего кремния, путем добавления к легированным чугунам обычных чугунов. В последнем случае содержание в литье хрома и никеля, очевидно, снизится, а содержание кремния сохранится постоянным и сможет быть даже увеличено. В результате этого карбидизирующее действие хрома будет ослаблено, а графитизирующее действие никеля благодаря кремнию сохранено неизменным, либо, наоборот, увеличено. Так как вряд ли можно рассчитывать на дополнительное легирование халиловских чугунов металлическим никелем, по крайней мере в сколько-нибудь значительных размерах, эти чугуны смогут найти применение в литейном производстве лишь в качестве добавок к обычным чугунам, т. е. применение хотя и весьма ценное, но в довольно ограниченных размерах (порядка 5—15% в среднем от веса легированного литья).

Если даже принять, что все чугунное литье в четвертом пятилетии будет у нас легироваться, то и тогда потребность в легированных чугунах, при годовой выплавке литейного чугуна порядка 5 млн. т, не превысит 0.5 млн. т в год. Между тем ресурсы халиловских руд позволяют рассчитывать на гораздо большую выплавку легированного чугуна. Несмотря на всю приближенность сделанного подсчета, он с несомненностью свидетельствует, что использование халиловских руд не может ограничиться только выплавкой литейного чугуна. Одновременно должен быть организован и передел природно-легированных чугунов в низколегированные марки стали.

Широкое применение низколегированных марок стали, в особенности разнообразной конструкционной стали, является характерной тенденцией современной металлургии и металлоиспользования. Для нашей страны внедрение низколегированных марок стали приобретает особое значение, поскольку перед нами стоит задача в короткий срок перегнать передовые капиталистические страны в техническом и экономическом отношении. Возможность производства легированных сталей специально подчеркнута постановлением XVIII Всесоюзного съезда ВКП(б), определившего третье пятилетие как пятилетку специальных сталей. Поэтому не приходится доказывать необходимость скорейшего и притом широкого освоения их производства.

Основная трудность получения из хромо-никелевых чугунов хромо-никелевой стали обусловлена присутствием в них фосфора. При переделе чугуна в сталь условия окисления фосфора очень близки к условиям окисления хрома. Поэтому при удалении из чугуна фосфора неизбежно произойдет удаление значительной части хрома. Однако практически не только эта часть хрома будет безвозвратно потеряна в передельных шлаках, но, переходя в последние в форме трехоксида хрома,

придаст им значительно большую вязкость, а следовательно, затруднит их удаление из печи, уменьшит их активность и т. п. В результате этого всякий передел в сталь хромистых чугунов, содержащих фосфор, будет менее эффективен по сравнению с переделом обычных чугунов как в отношении производительности сталеплавильных агрегатов, так и в отношении расхода тепла и других важнейших технико-экономических показателей. Нежелательные осложнения будут особенно ощутимы при переделе в агрегатах с основной футеровкой, работающих на основных, менее плавких, шлаках. Исходя из опытов передела халиловских чугунов, можно установить, что в этом случае, при содержании в чугуне 2.5—3.0% Сг и до 0.4% Р, в стали сохранялось лишь около 0.35% Сг. Весь остальной хром переходил в шлак, содержавший около 8%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  и требовавший применения специальных разжижителей. При большом количестве хрома в чугуне, когда содержание трехоксида его в шлаке превышало 12%, последний затруднял ведение плавки. Эти трудности значительно ослабляются при переделе хромистых чугунов в агрегатах — бессемеровских конверторах или мартеновских печах — с кислой футеровкой. Однако такой способ может быть применен только при чугуне с определенным содержанием фосфора. Если о нем еще можно говорить при использовании елизаветинских чугунов, то применение его для халиловских совершенно исключается.

Условия передела последних могут быть улучшены одним из следующих путей: во-первых, освобождением руды от хрома или фосфора, либо обоих вместе при обогащении, во-вторых, изысканием сильно действующих разжижителей хромистого шлака и, в-третьих, применением агрегатов, наиболее приспособленных к условиям процесса передела хромистых чугунов и разработкой целесообразных методов этого передела. На возможность практического осуществления первого способа, разрешающего вопрос наиболее радикально, надежд мало, поскольку, судя по опыту обогащения халиловских руд, рассчитывать на удаление из них в сколько-нибудь значительной степени хрома или фосфора не приходится. Второй путь также до настоящего времени вполне удовлетворительного решения вопроса не дал, хотя и указал на некоторые в этом направлении возможности. Не исключая, что в процессе дальнейших исследований достаточно эффективные разжижители будут найдены, пока реально приходится рассчитывать только на третий способ, т. е. на выбор для передела хромистых чугунов наиболее подходящего типа процесса и агрегата.

При проектировании Халиловского завода в 1933—1934 гг. Гипромезом на эту сторону вопроса было обращено соответствующее внимание. После тщательного изучения условий и возможных методов передела халиловского чугуна Гипромез пришел к выводу, что наиболее подходящим способом является дуплекс-мартеновский процесс, первая стадия которого — удаление хрома — осуществляется в качающейся печи, а вторая — окончательная доводка металла — в стационарной. Применение качающейся печи, работающей тальбог-процессом, а также увеличение количества шлака с целью разжижения содержания в нем окиси хрома, несомненно должны значительно улучшить условия передела халиловских чугунов. С этой точки зрения выбранный Гипромезом способ принципиально не может встретить возражений. Однако, было бы неосторожно внедрять его в практику без предварительных опытов, которые должны дать технико-экономические показатели для обоснования его эффективности. Подобные опыты до сих пор не проводились. Все опытные плавки с халиловскими чугунами осуществлялись исключительно в стационарных печах, причем в большинстве случаев в шахту давался холодный чугун с большой добавкой углеродистого скрапа. Между тем будущий халиловский завод, несомненно, будет работать на жидком чугуне и низком количестве скрапа — собственном хромо-никелевом воз-

врате. Это обстоятельство заставляет уже сейчас поставить вопрос об организации более правильных опытов, так как в противном случае проектирование передельных цехов будущего завода окажется в столь же безвыходном положении, как и 5—6 лет назад. В настоящее время проведение таких опытов не может встретить больших затруднений, поскольку, помимо старой и несовершенной качающейся печи Нижне-Салдинского завода, наша металлургия располагает сейчас вполне совершенными мощными печами Азовстали, на которых всегда можно поставить более или менее длительные испытания.

Из других способов передела нельзя не упомянуть о дуплекс-процессе — бессемеровский конвертор — мартеновская стационарная печь. Реальность его совершенно бесспорна, однако, учитывая качество металла, который будет получаться из халиловской руды, он вряд ли может быть предпочтен дуплекс-процессу в двух мартеновских печах.

Не останавливаясь на рассмотрении других возможностей передела халиловских чугунов, в частности в электропечах, заметим лишь, что поскольку выбор наиболее целесообразного из них должен в первую очередь обеспечить высокое качество металла, необходимо дополнительно изучить вопрос о хромистых включениях в стали при различных процессах. Согласно проведенным до настоящего времени исследованиям, он, повидимому, не вызывает больших опасений.

Заканчивая на этом рассмотрение возможных путей получения природно-легированного металла, нельзя, конечно, обойти так называемый «прямой» способ его получения — непосредственное восстановление руды при умеренных температурах. Высокая восстановимость халиловских руд заставляет уделить этому способу соответствующее внимание, так как совершенно бесспорно, что именно он позволил бы наиболее полно и комплексно использовать все ценные компоненты этих руд, обеспечив одновременно высокое качество металла.

Из всего сказанного с несомненностью следует, что хотя проблема получения стали из халиловских руд разрешена еще неполностью, однако для ее положительного решения имеются достаточные основания. Необходимо лишь своевременно начать и правильно организовать соответствующие лабораторные исследования и заводские опыты.

Помимо ряда исследований по процессам производства природно-легированного металла, из которых некоторые наиболее важные были упомянуты выше, проблема освоения комплексных руд требует также разрешения ряда вопросов по использованию получающегося из них металла. Если в отношении легированных чугунов этот вопрос можно считать в настоящее время более или менее выясненным, то в отношении легированной стали он требует дальнейшего тщательного изучения. Несомненно, естественно-легированная сталь найдет применение прежде всего для замены искусственно-легированной стали соответствующих марок. Однако этим использование ее не может ограничиться. По мере улучшения методов ее производства, а следовательно, и ее удешевления, она бесспорно найдет более широкое применение по пути вытеснения обычной углеродистой стали. Для выяснения вопроса о наиболее целесообразном направлении применения природно-легированной стали необходимо поставить ряд исследований в области изучения работы различных марок такой стали в разнообразных условиях. Материал для этих исследований должны дать опытные плавки. Только такое систематическое изучение службы естественно-легированной стали позволит правильно осветить вопрос влияния замены ею углеродистой стали на сроки службы тех или иных изделий, на облегчение их веса при сохранении неизменной прочности и пр. Без выяснения этого влияния нельзя установить эффективные пределы, применяя стали из халиловских руд.

Наконец, в связи с проектированием и строительством завода на базе халиловских месторождений требуется решение некоторых более

общих вопросов, например, об обеспечении халиловского завода металлургическим и энергетическим топливом, о снабжении его водой, вспомогательным сырьем и пр.

Сравнивая в заключение два приведенных выше пути использования природно-легированных руд, нельзя не прийти к выводу, что выплавка стали на базе этих руд обещает богатые перспективы. Вместе с тем не приходится отрицать, что при использовании их для этой цели, потери некоторых компонентов, в особенности хрома, будут более значительными, чем при использовании халиловской руды только для производства литейного чугуна. Едва ли, однако, последнему обстоятельству можно придать в данный момент решающее значение, поскольку далеко не исключена возможность серьезных улучшений мало изученных пока способов передела.

Необходимо помнить, что природно-легированные руды несомненно должны сыграть весьма существенную роль в деле рационализации металлоиспользования в нашей стране.

Однако этим роль их не исчерпывается. Благодаря повышенному содержанию глинозема, халиловские руды являются весьма ценным сырьем для строительной промышленности, позволяя получать так называемый алюмо-силикатный цемент.

### ПОЛУЧЕНИЕ АЛЮМО-СИЛИКАТНОГО ЦЕМЕНТА ПРИ ДОМЕННОЙ ПЛАВКЕ ХАЛИЛОВСКИХ РУД

Алюмо-силикатный цемент представляет собой вяжущее гидравлическое вещество, получающееся из саморассыпающихся доменных шлаков того же названия. В отношении химического состава алюмо-силикатные шлаки отличаются от обычных повышенным содержанием глинозема и пониженным содержанием кремнекислоты.

При выборе доменных печей для выплавки этих шлаков (в 1937 г.) Гипроцементом были проведены опыты на заводе «Свободный Сокол» на печах, проплавляющих халиловскую природно-легированную руду. Этот выбор оказался удачным, так как из всех имеющихся в Советском Союзе металлургических заводов «Свободный Сокол» вел плавку на шлаках, наиболее близко подходящих по своему составу к алюмо-силикатному цементу. Однако все же содержание основных шлакообразующих элементов требовало изменения шихтовки и введения специальных добавок в шихту доменной печи, главным образом для повышения отношения  $Al_2O_3 : SiO_2$ .

Такой добавкой послужил боксит, имеющий отношение  $Al_2O_3 : SiO_2 > 3.5$ .

Путем изменения количества боксита, вводимого и в шихту, и корректирования состава шлака обычным известняком, были практически установлены относительные расходные коэффициенты всех сырых материалов, расходуемых на плавку хромо-никелевого чугуна с одновременным получением алюмо-силикатного шлака. Экономическая рентабельность этого комплексного процесса была доказана, и по приказу Наркомата завод «Свободный Сокол» с февраля 1938 г. перешел на систематическое производство алюмо-силикатных шлаков.

Работа в течение продолжительного периода выявила ряд особенностей процесса и те требования по отношению к сырым материалам, которые являются необходимыми для получения нужного качества металла и шлака. Сочетание технических требований с экономической целесообразностью и рентабельностью комплексного процесса продиктовало ряд условий производства, освещение которых представляет по нашему мнению значительный интерес.

В руде Ново-Киевского месторождения, поступающей на завод, содержание каждого из основных элементов ( $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$  и Fe) колеблется

в пределах от 2 до 4%. В следующей таблице приводятся заводские данные химических анализов генеральных проб данной руды по декадам за 5 зимних месяцев 1938—1939 г. (табл. 1).

Следует отметить, что значительные колебания  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в составе халиловских руд осложняли получение равномерного состава шлака. Техническими условиями на приемку шлака от доменного цеха цементной установке даны жесткие пределы колебания химического состава шлака, особенно в части содержания кремнекислоты.

Поэтому неожиданные скачки по кремнекислоте в шлаке являлись нередко причиной выпуска некондиционных шлаков по химическому составу. Так, например, в декабре 1938 г. и январе 1939 г. количество шлаков, забракованных цементной установкой из-за несоответствия техническим требованиям соответственно составило 6 и 10% от общего количества выплавленного шлака. В феврале 1939 г. эта цифра увеличилась до 12,0%. Выпуск некондиционного шлака следует объяснить отсутствием запасов халиловской руды на заводе и неизученностью цехом состава сырья (работа «с колес»), однако факт непопадания шлака в анализ из-за непостоянства химического состава руды, безусловно, имел место. Некоторое значение в этом отношении имеет также и колебание в составе боксита, добавляемого в шихту, но все же главным источником является халиловская руда. Это подтверждается наблюдениями обычной халиловской плавки (без боксита), где изменения в составе шлаков по  $\text{SiO}_2$ , при неизменном весовом составе шихты, выражаются пределами 2—3% (работа печи № 2 на халиловских рудах в I половине 1938 г.).

Особое же значение для процесса плавки и экономики имеет в данном случае не только абсолютное содержание кремнекислоты, но и постоянство отношения  $K = \text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2$ .

Приведенная таблица результатов декадных анализов халиловских руд показывает, что это отношение довольно сильно отклоняется от своего среднего значения (0.85 за 5 мес.). На последнем вопросе мы остановимся ниже более подробно.

Среднее содержание железа в халиловских рудах, доставляемых на завод, составляет по анализам 39% (на сухую навеску) и изменяется на 2% в ту и другую сторону (37—41%). Эти цифры достаточно постоянны, как и содержание легирующих примесей (хрома и никеля). Специальная металлическая стружка вводится в шихту с целью главным образом повышения отношения никеля к хрому в чугуне, которое в рудах обычно недостаточно.

По техническим условиям на химсостав алюмо-силикатного цемента, отношение  $K = \text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2$  определено средней цифрой около 1.6. Мы видели, что в руде почти вдвое меньше. Если же учесть поправки на золу кокса и кремнезем известняка, то становится ясной необходимость введения в шихту специального флюса с высоким отношением  $K$ . Этим флюсом служит на заводе «Свободный Сокол» тихвинский боксит с отношением  $K = 3.5—4.5$ .

Анализ усредненных проб тихвинского боксита, производимые на заводе в разное время, дали следующие результаты (табл. 2).

Среднее отношение  $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2$  за большой период времени (несколько месяцев) выразилось цифрой 3.8, которую мы и примем для дальнейших подсчетов. При сумме ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ ) = 56% содержание обеих составных частей в отдельности выразится:  $\text{SiO}_2 = 11.7\%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 44.3\%$ .

На ошлакование кремнекислоты боксита до отношения  $K = 1.6$  (как это требуется для шлака) потребуются  $11.7 \times 1.6 = 18.7$  кг  $\text{Al}_2\text{O}_3$  на 100 кг боксита. «Свободной» остается  $44.3 - 18.7 = 25.6$  кг или 256 кг  $\text{Al}_2\text{O}_3$  на тонну боксита.

Пользуясь отношением  $K$  для всех составляющих шихты и зная весовые количества последних при плавке алюмо-силикатного шлака, по-

Таблица 1

Химический состав генеральных проб халиловской руды, поступившей на завод „Свободный Сокол“ в зимний период 1938—1939 г.  
(по данным лаборатории завода)

Дата	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	P	Потери при прокал.	Fe	Mn	Ni	Cr	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +TiO <sub>2</sub> SiO <sub>2</sub>
1—10. X	13.52	11.53	1.00	1.29	0.11	13.86	39.23	0.63	0.50	1.41	0.85
11—20. X	15.00	12.52	0.68	1.45	0.13	12.28	37.24	0.30	0.76	0.38	0.83
21—31. X	12.04	11.17	0.84	1.62	0.14	11.94	41.39	0.20	0.47	1.82	0.92
1—10. XI	14.20	13.51	1.00	1.59	0.16	13.16	37.47	0.34	0.44	1.69	0.95
11—20. XI	16.20	9.15	1.05	1.52	0.13	12.54	39.11	0.24	0.36	1.53	0.56
21—30. XI	10.92	11.22	0.52	0.87	0.12	14.20	41.51	0.58	0.38	1.51	1.03
1—10. XII	14.40	11.11	0.83	1.52	1.13	12.70	41.21	0.27	0.38	1.59	0.77
11—20. XII	14.20	11.51	1.28	1.40	0.11	13.30	38.17	0.56	0.52	1.50	0.81
21—31. XII	12.36	13.71	0.51	1.95	0.14	14.76	37.31	0.42	0.53	1.65	1.11
1—10. I	13.04	9.67	0.96	3.17	0.13	13.82	39.68	0.49	0.35	1.38	0.74
11—20. I	13.00	8.87	0.60	1.23	0.18	13.04	41.35	0.40	0.35	1.54	0.68
21—31. I	14.00	13.43	0.62	1.44	0.14	13.62	37.71	0.51	0.41	1.52	0.96
1—10. II	17.28	11.62	0.86	1.91	0.16	13.64	35.49	0.39	0.47	1.60	0.67
21—28. II	11.88	12.71	0.71	1.98	0.14	13.32	39.52	0.40	0.51	1.44	1.07
Средн. за 5 месяц.	13.7	11.52	0.82	—	—	—	39.00	—	0.46	—	0.85

Таблица 2

Химический состав средних проб тихвинского боксита  
(данные лаборатории завода «Свободный Сокол»)

№ проб	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	SO <sub>2</sub>	P	Пот. при прокал.	$K = \frac{Al_2O_3}{SiO_2}$
1	10.85	46.26	20.50	0.04	3.92	2.62	0.18	0.58	Следы	15.06	4.26
2	10.74	45.65	21.07	0.03	3.91	2.70	0.44	0.65	„	14.15	4.34
3	10.60	46.43	21.27	0.02	4.09	2.62	0.29	0.59	„	14.29	4.47
4	11.06	45.81	20.93	0.02	3.75	3.14	0.41	0.48	„	14.88	4.15
5	12.30	42.00	22.44	0.03	8.85	3.02	0.40	0.52	„	15.00	3.82
6	12.60	44.00	20.40	0.02	3.76	3.12	0.32	0.50	„	14.94	3.50
7	12.90	44.50	21.00	0.02	3.64	3.18	0.41	0.52	„	15.32	3.45
Среднее	11.60	45.00	21.00	0.03	3.84	2.90	0.35	0.55	—	14.80	—

стареемся выяснить схему влияния состава халиловской руды на экономические показатели плавки. Обратим внимание на две основные величины: содержание в руде железа и отношение  $K = \text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2$ .

Воспользуемся для этого данными сравнительного расхода материалов для плавки халиловских руд без боксита и с добавкой боксита (данные 1938 г., табл. 3).

Таблица 3

Сравнительный расход материалов при плазке халиловских руд

Расход материалов	Кэфф. расхода без бокситной плавки на 1 т чугуна	Кэфф. расхода при плавке боксита на 1 т чугуна	Разность расхода на 1 т чугуна
Кокс металлургический . . . . .	1.82	2.25	+0.43
Руда халиловская . . . . .	2.35	1.60	-0.75
Стружка металлическая . . . . .	0.017	0.16	+0.14
Известняк . . . . .	1.03	2.03	+1.00
Боксит тихвинский . . . . .	—	1.10	+1.10
Количество шлака . . . . .	1.45	2.10	+0.65

Эти данные нуждаются в следующем кратком пояснении.

Вследствие введения в шихту боксита (1.10 т) и дополнительного количества известняка (1.00 т), резко повышается количество шлака (на 45% против обычной халиловской плавки). Происходит общее обеднение шихты железом и необходимость проплавки дополнительного количества шлакообразующих. Это обстоятельство в свою очередь вызывает необходимость повышения расхода топлива на единицу металла. Если условно выразить изменение расхода топлива через увеличение количества шлака, то легко видеть, что изменение количества шлака на 100 кг вызывает увеличение расхода кокса на  $430 : 6.5 = 66$  кг, или на  $66 \times 100 : 1820 = 3.6\%$  от первоначального расхода топлива. Принято считать также, что доменная печь всегда сжигает приблизительно одно и то же количество кокса в единицу времени (при прочих равных условиях) и, следовательно, можно считать уменьшение производительности доменной печи по металлу обратно пропорциональным увеличению расхода горючего. Таким образом увеличение количества шлака на 100 кг вызывает уменьшение производительности печи минимум на 3.5—4%.

Посмотрим, как скажется на показателях плавки уменьшение содержания железа в халиловской руде.

Возьмем следующую сравнительную шкалу по железу для руды, в которой соотношение  $K$  остается неизменным и равным 0.85. При содержании железа в руде — 39%, средняя сумма  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 = 25\%$ , или 250 кг на 1 т, сохраняя  $K = \text{const}$ , пойдём в сторону уменьшения содержания железа в руде через 5%, считая постоянной суммой трех компонентов ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ ) будем иметь следующие (табл. 4).

Таблица 4

Шкала содержания железа в рудах при неизменной величине  $K$   
(в %)

Руда	Fe	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$
№ 1	39	55.8	25.0	13.5	11.5
№ 2	34	48.5	32.3	17.4	14.9
№ 3	29	41.5	39.3	21.2	18.1
№ 4	24	34.3	46.5	25.1	21.4

Для доведения отношения  $K$  до 1.6 требуется определенная добавка глинозема, причем в абсолютном значении она возрастает пропорционально уменьшению железа от № 1 к № 4. Разделив это количество на «свободную» окись алюминия в боксите, получим увеличение расхода боксита для каждого рассматриваемого случая.

Кроме того, для получения требуемой степени основности шлака, введение дополнительного количества  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  вызывает необходимость соответственного повышения расхода известняка. Для алюмо-силикатного шлака, в соответствии с техническими условиями, отношения  $\text{CaO} : (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2) = 1.1$  (в среднем).

Таким образом для выбранных руд можно на основании изложенного произвести подсчет, результаты которого сведены в следующей таблице (табл. 5).

Таблица 5  
Количество необходимого глинозема для получения алюмо-силикатного цемента (в кг)

	Руда № 1	Руда № 2	Руда № 3	Руда № 4
1. Общее количество глинозема, потребное на 100 кг руды для $K=1.6$ . . . . .	21.6	27.9	34.0	40.2
2. Количество имеющегося в руде глинозема . . . . .	11.5	14.9	18.1	21.4
3. Недостающий глинозем . . . . .	10.1	13.0	15.9	18.8
4. Дополнительная потребность боксита для покрытия недостающего глинозема . . . . .	39.5	50.8	62.1	73.5

Таким образом по мере обеднения руды железом и повышения в ней содержания шлакообразующих примесей довольно резко возрастает потребность в дополнительном количестве боксита, несмотря на то, что нами было принято неизменным отношение  $K = \text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2 = 1.6$ . Боксит же, вводимый в шихту, в свою очередь вызывает необходимость повышения расхода известняка, а все вместе взятое повышает относительное количество шлака на единицу чугуна со всеми вытекающими отсюда последствиями в отношении техно-экономических показателей плавки. Переведем сказанное на язык цифр, ограничившись для экономии места и времени крайними случаями для руды № 1 и 4. Тогда мы получим следующие крайние значения показателей плавки (табл. 6 и 7).

Количество шлака при плавке на руде № 4 = 3.28 т на тонну чугуна. По сравнению с плавкой на руде № 1 относительное количество его таким образом возрастает на 1 тонну.

Ожидаемое увеличение расхода топлива при этом составит на 1 т чугуна =  $66 \times 10 = 660$  кг.

Если принять для руды № 1 выход товарного шлака = 1.8 т, а для № 4 = 2.6 т, избыточный расход кокса, отнесенный к одной тонне шлака, составит  $430 : 1.8 = 240$  кг на тонну шлака, во втором же случае расход кокса составит  $(430 + 660) : 2.6 = 420$  кг, т. е. в 1.75 раз больше.

Таким образом сравнение плавки на руде № 1 и руде № 4 дает следующее изменение техно-экономических показателей на 1 т чугуна (табл. 8).

Эта таблица показывает, что объединение халиловской руды железом дает значительные повышения расходных коэффициентов как на тонну

Таблица 6

Техно-экономические показатели плавки для руды № 1

Элементы шихты	Колич. кг	SiO <sub>2</sub>		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		CaO		Прочие шлакообразующие		Fe	
		%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг
Зола кокса	247	38.0	93.7	24.0	59.2	5.0	12.4	3.0	7.4	20.0	49.4
Боксит тихвинский	1100	11.6	127.5	45.0	494.0	2.9	31.9	4.5	49.4	14.7	162.0
Руда халиловская	1600	13.5	219.0	11.5	184.0	0.8	12.8	2.0	32.0	39.0	623.0
Стружка металлическая . . .	160	—	—	—	—	—	—	—	—	85.0	136.0
<b>Всего поступает</b>	—	—	440.2	—	737.2	—	57.1	—	88.8	—	970.0
Выпыливание 8%	—	—	35.2	—	59.0	—	4.6	—	7.1	—	78.0
В чугун переходит	—	—	43.0	—	—	—	—	—	—	—	882.0
В шлак уходит . . .	—	—	362.0	—	678.2	—	52.5	—	81.7	—	10.0
Известняк вносит	2030	1.0	20.3	0.5	10.1	52.0	1055.0	2.0	40.6	—	—
<b>Всего шлакообразующих</b>	—	—	382.3	—	688.3	—	1107.5	—	122.3	—	10.0

Количество шлака = 2.28 т на тонну чугуна

Примечание. При подсчете коммерческих расходных коэффициентов следует учесть естественную влажность материалов и потери при транспортировке и хранении их.

Таблица 7

Техно-экономические показатели плавки для руды № 4 (при неизменном расходе руды по весу—1.1 т на тонну чугуна)

Элементы шихты	Колич. кг	SiO <sub>2</sub>		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		CaO		Прочие шлакообразующие		Fe	
		%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг
Зола кокса . . .	280	38	106.5	24	67	5.0	14.0	3.0	8,4	20.0	56.0
Боксит тихвинский . . . . .	(1100—735) 1835	11,6	213	45	826	2,9	53,2	4,5	82,6	14,7	280,0
Руда халиловская	1600	25,1	402	21,4	342	0,8	12,8	2,0	32,0	24,0	384,0
<b>Всего поступает.</b>	—	—	721.5	—	1235	—	80.0	—	123.0	—	710.0
Выпыливание 8%.	—	—	57.7	—	98	—	6.4	—	9.8	—	57.0
В чугун переходит	—	—	43.0	—	—	—	—	—	—	—	653.0
Остается в шлаке.	—	—	620.8	—	1137	—	73.6	—	112.2	—	—
Поступает металлической стружки . . . . .	270	—	—	—	—	—	—	—	—	—	230.0
Поступает с известняком . . .	2400	1.0	24.0	0.5	12.0	52.0	1249.4	2.0	48.0	—	—
<b>Всего поступает.</b>	—	—	644.8	—	1149	—	1323	—	160.2	—	—

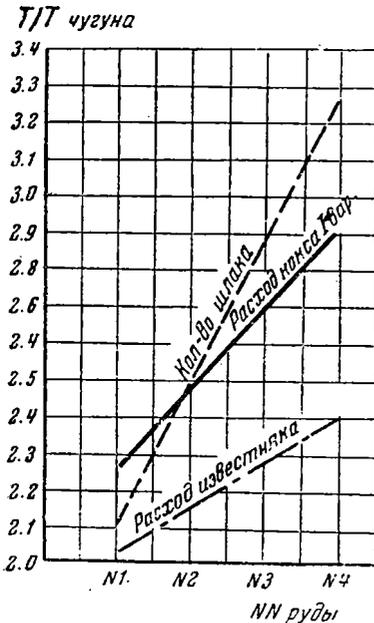
Количество шлака = 3.28 т на тонну чугуна

Сравнительные техно-экономические показатели при плавке руды № 1 и 4

Расход материалов на 1 т чугуна	Плавка на руде № 1	Плавка на руде № 4	Разность расхода на 1 т чугуна
Расход кокса металлургического . . . . .	2.25	2.91	+0.66
Расход руды халиловской . . . . .	1.60	1.60	—
Расход боксита тихвинского . . . . .	1.10	1.84	+0.74
Расход известняка . . . . .	2.03	2.40	+0.37
„ стружки (легированной) . . . . .	0.16	0.27	+0.11
Количество шлака . . . . .	2.10	3.28	+1.18

чугуна, так и на тонну шлака, даже при неизменном отношении  $K = \text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2$  в халиловской руде.

Коэффициенты плавки на рудах № 2 и 3 как промежуточные могут быть приближенно определены простой интерполяцией из прилагаемых графиков (фиг. 2, 3 и 4).



Фиг. 2. Техно-экономические коэффициенты плавки халиловских руд шихты № 1, 2, 3 и 4

Особому рассмотрению подлежат два вопроса: а) изменение производительности печи и б) влияние изменения количества железа, вносимого бокситом, халиловской рудой и металлической стружкой на качество легированного металла.

Увеличение расхода топлива на 1 т чугуна вызовет, как было указано выше, соответственное снижение производительности печи, а именно  $(0.66 : 2.55) \times 100 = 30\%$ .

Это обстоятельство в свою очередь заметно скажется на себестоимости передела и себестоимости металла и шлака.

Соотношение хрома и никеля в естественных халиловских рудах не всегда соответствует требованиям, предъявляемым к легированному чугуну. Поэтому в доменной плавке халиловских руд применяют в качестве добавки специальную легированную стружку, которая корректирует отношение хрома и никеля в металле. С этой точки зрения введение железа в том или ином виде (боксит, железный лом и пр.) нежелательно, так

как понижает содержание никеля в металле, не изменяя отношение хрома и никеля. Посмотрим баланс никеля в наших примерах для плавки на рудах № 1 и 4.

Для первого случая: руда халиловская вносит никеля  $(0.46 : 100) \times 1600 = 7.4$  кг. Стружка легированная вносит  $(1.5 : 100) \times 160 = 2.4$  кг. Всего поступает никеля 9.8 кг. В металл переходит  $85\%$  или  $0.85 \times 9.8 = 8.3$  кг. Это соответствует  $0.83\%$  Ni в чугуне.

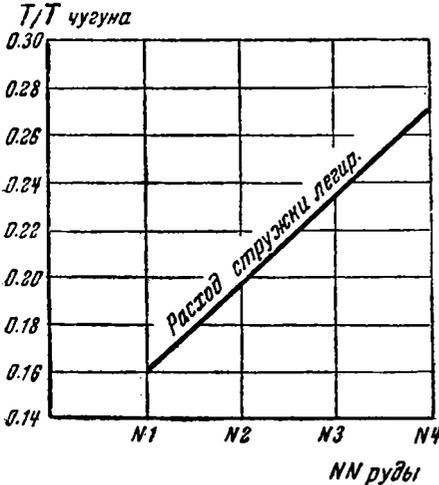
Для руды № 4 содержание никеля несколько ниже, так как существует прямая зависимость между содержанием железа и никеля в руде.

Примем для руды № 4 содержание никеля на 20% ниже против руды № 1. Тогда руда внесет  $(0.37 : 100) \times 1600 = 5.9$  кг никеля, а стружка  $(1.5 : 100) \times 270 = 4.0$  кг, а всего вносится 9.9 кг никеля.

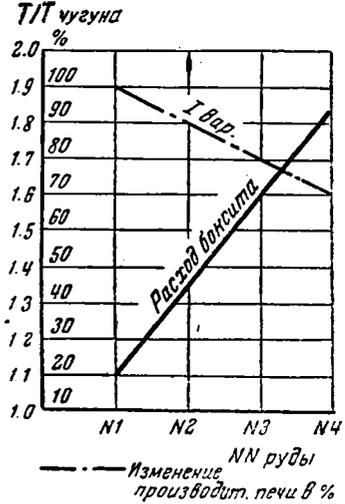
Содержание никеля в чугунае  $= 0.85 \times 9.9 = 8.4$  кг, или 0.84%.

Таким образом, вводимая легированная стружка компенсирует как недостаток железа, так и никеля.

Однако следует помнить о ее значительной стоимости и ограниченном количестве, отпускаемом для доменной плавки. Обычно этот тип стружки предпочитают использовать непосредственно при выплавке ферросплавов (в электропечах).



Фиг. 3. Показатели расхода легированной никелем стружки на 1 т чугуна в зависимости от состава шихты



Фиг. 4. Коэффициенты расхода боксита и производительности доменной печи при плавке халиловских руд в зависимости от состава шихты

Таково влияние обеднения халиловской руды железом на технико-экономические показатели доменной плавки легированного чугуна и алюмо-силикатного шлака. Сравнительная калькуляция металла и шлака для разобранных случаев может установить оптимальный вариант из них. Однако следует иметь в виду, что увеличение расхода топлива на тонну продукции (чугуна и особенно шлака) вообще является крайне нежелательным, даже безотносительно к стоимости продукции. Дефицит топлива в стране и особенно такого ценного, как металлургический кокс, должен найти свое отражение в выборе пути решения данной проблемы.

Рассмотрим теперь изменение технических показателей плавки, когда содержание железа в руде остается неизменным (39%), а меняется только отношение  $Al_2O_3 : SiO_2$ . Среднее значение этого отношения для руды № 1 (по анализам завода «Свободный Сокол») составляет 0.85. Примем условно, что при сумме  $Al_2O_3 + SiO_2 = 11.5 + 13.7 = 25.2\%$ , отношение  $K$  принимает следующие значения:

Индекс	$K$	$SiO_2$	$Al_2O_3$
Руда „а“ . . . .	0.85	13.7	11.5
„ „б“ . . . .	1.2	11.4	13.8
„ „в“ . . . .	1.8	9.0	16.2
„ „г“ . . . .	2.5	7.2	18.0

Воспользовавшись примененным выше методом расчета, определим расходные коэффициенты для случая плавки руды «г» и после этого варианты «б» и «в» определятся графической интерполяцией.

Таблица 9

## Расход материалов и количество шлака при плавке чугуна на руде „г“

Расход материалов	Колич. кг	SiO <sub>2</sub>		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		CaO		Прочие шлакообразующие		Fe	
		%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг
Зола кокса 2000×0.11 . . . . .	220	38.0	83.6	24.0	52.8	5.0	11.0	3.0	6.6	20.0	44
Боксит тихвинский . . . . .	700	11.6	81.2	45.0	315.0	2.9	20.3	4.5	31.5	14.7	103
Руда халиловская . . . . .	1600	7.2	115.0	18.0	288.0	0.8	12.8	2.0	32.0	39.0	623
Стружка легированная . . . . .	160	—	—	—	—	—	—	—	—	85.0	136
Скrap металлический . . . . .	70	—	—	—	—	—	—	—	—	85.0	60
Всего поступает . . . . .	—	—	279.8	—	655.8	—	44.1	—	70.1	—	966
Выпыливание 8% . . . . .	—	—	22.4	—	52.5	—	3.5	—	5.6	—	77
В чугун переходит . . . . .	—	—	43.0	—	—	—	—	—	—	—	882
Переходит в шлак . . . . .	—	—	214.4	—	603.3	—	40.6	—	64.5	—	8
Известняк вносятся . . . . .	1600	1.0	16.0	0.5	8.0	52.0	332.0	2.0	32.0	—	—
Всего шлакообразующих	—	—	230.4	—	611.3	—	872.6	—	96.5	—	8

Общее количество шлака=1810 т или 1.8 т на тонну чугуна. Уменьшение расхода кокса составит при этом  $66.3 \cong 200$  кг на т чугуна, т. е. расход кокса будет равен  $2.25 - 0.2 = 2.05$  т на тонну чугуна.

Подсчет показывает, что для получения в шлаке отношения  $K = 1.6$  нужно из 100 кг руды «г» затратить  $7.2 \times 1.6 = 11.5$  кг Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Остается «свободный» Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 18.0—11.5 = 6.5 кг.

На 1600 кг руды (в пересчете на 1 т чугуна) это дает  $6.5 \times 1600 : 100 = 104$  кг «свободной» Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

На 1 т боксита имеется свободной окиси алюминия — 25.6 кг (см. стр. 471). Таким образом 1600 кг руды «г» освобождает  $104 \times 0.256 \cong 400$  кг боксита, расход боксита на 1 т чугуна становится =  $1100 - 400 = 700$  кг (табл. 9).

Как видно из табл. 9, общее количество шлака при проплавке руды «г» составит 1.8 т на тонну чугуна.

Сравнивая основной вариант с условиями плавки на руде «г», где отношение  $K$  повышено с 0.85 до 2.5, получим такую картину (табл. 10).

При выходе товарного шлака = 1.6 на тонну чугуна избыточный расход кокса, отнесенный к 1 т шлака =  $(2.05 - 1.82) : 1.6 = 0.144$  т, или 144 кг на 1 т алюмо-силикатного шлака.

Производительность печи возрастает при этом на 10—12% против основного варианта «а». Из приведенных данных видно, как благотворно влияет на все техно-экономические показатели доменной плавки изменение отношения Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : SiO<sub>2</sub> в халиловской руде, казалось бы, на первый взгляд незначительное. Уменьшение расхода горючего и сырых материалов окажет заметное влияние на экономику процесса, т. е. на снижение себестоимости продукции (чугуна и шлака).

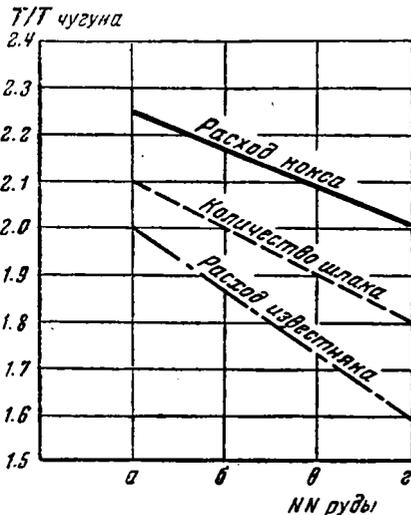
Таблица 10

## Сравнительный расход материалов на 1 т чугуна при плавке на рудах „а“ и „г“

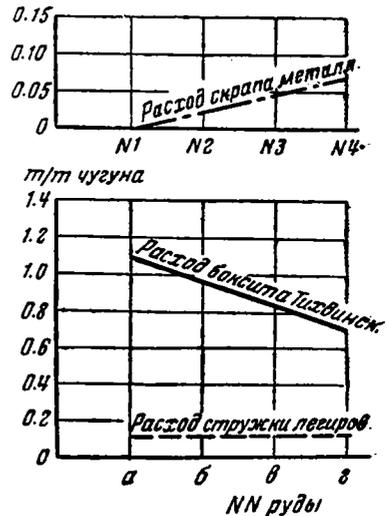
Расход материалов на 1 т чугуна	Плавка на руде „а“ ( $K=0,85$ )	Плавка на руде „г“ ( $K=2,5$ )	Разность расхода на 1 т чугуна
Расход кокса металлургического . . . . .	2.25	2.05	-0.20
Расход руды халиловской . . . . .	1.60	1.60	0.0
Расход боксита тихвинского . . . . .	1.10	0.70	-0.40
Расход известняка . . . . .	2.03	1.60	-0.43
Расход стружки легированной . . . . .	0.16	0.16	0.0
Расход скрапа металлического . . . . .	—	0.07	0.07
Количество шлака . . . . .	2.10	1.80	-0.30
Производительность печи . . . . .	100%	110%	+10%

Графическое изображение изменения коэффициентов плавки для руд «а», «б», «в» и «г» дает возможность иметь их значения в пределах 0.85—2.5 (табл. 6 и 7, фиг. 5, 6).

Анализы песчанистых оолитовых руд халиловских месторождений показывают, что повышение значения  $K$  обычно совпадает с понижением содержания окислов железа. Следовательно оба фактора, рассмотренные нами изолированно (содержание железа и значение  $K$ ), могут иногда действовать одновременно.



Фиг. 5. Техно-экономические показатели плавки халиловских руд в зависимости от отношения  $Al_2O_3$  к  $SiO_2$  в руде различных типов.



Фиг. 6. Техно-экономические показатели плавки халиловских руд в зависимости от отношения  $Al_2O_3$  к  $SiO_2$  в руде различных типов.

Для выбора оптимального экономического варианта плавки, с точки зрения себестоимости продукции (чугуна и шлака), следует произвести ряд сравнительных экономических расчетов для определения себестоимости чугуна и шлака. Для различных вариантов состава шихты за основу может быть принята калькуляция стоимости продукции по доменному цеху завода «Свободный Сокол».

Приведенные выше технические показатели доменной плавки и характер их изменения в различных условиях являются вполне достаточными для производства таких экономических расчетов. Необходима проверка установленных коэффициентов на практике.

С точки зрения производства алюмо-силикатного цемента и интересов цементной промышленности можно формулировать два основных положения, которыми необходимо руководствоваться при производстве экономических подсчетов:

1. Расход металлургического кокса на 1 т товарного алюмо-силикатного шлака (т. е. с учетом 10% потерь) не должен превышать 250 кг, при одновременном расходе кокса на 1 т легированного чугуна не выше 1.85 т.

2. Себестоимость товарного алюмо-силикатного шлака франко-разливочная площадка должна составить, примерно, 80% стоимости 1 т алюмо-силикатного цемента.

Исходя из этих основных положений и плановой себестоимости чугуна, можно рассчитать обратным путем: сколько можно платить франко-завод за 1 т халиловской руды, обедненной железом или имеющую повышенное отношение  $K$ .

Так как по решению XVIII съезда партии в 3 пятилетия начинается строительство Орско-Халиловского комбината, в расчетах должна быть учтена возможность переработки руд непосредственно в Халиловском районе. Это обстоятельство весьма существенно, так как для завода «Свободный Сокол» в настоящее время тариф 1 т халиловской руды обходится в 22 рубля. В этом случае отпускная цена на алюмо-силикатный шлак снизится. Относительно высокая стоимость алюмо-силикатного цемента из шлаков завода «Свободный Сокол» в настоящее время обуславливается главным образом дальними перевозками халиловской руды и тихвинского боксита. На Халиловском комбинате будут применяться местные уральские бокситы.

Стремление к наиболее полному использованию природно-легированных руд Халиловского месторождения должно найти свое отражение в пересмотре технологического процесса комплексного использования халиловских руд в доменной плавке. В этом отношении имеются большие, пока неиспользованные, еще возможности как в части самого металлургического процесса плавки, так и в части варирования состава шихты. Приведенные расчеты дают первую приблизительную техническую ориентировку в этом вопросе. Интересы народного хозяйства требуют внимательного и всестороннего изучения халиловских природно-легированных железных руд с целью нахождения экономически наиболее рентабельного и эффективного использования этих месторождений. Вне увязки с металлургическим процессом решение этой задачи не может быть полным.

## V. ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ХАЛИЛОВСКИХ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД

(Н. В. Лазарев) \*

Полный химический анализ халиловских железных руд предусматривает определение следующих компонентов:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{NiO}$ ,  $\text{CoO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{S}$ ,  $\pm \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ , иногда  $\text{Cl}$  и  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ .

Приступая к полному анализу, аналитик должен ясно представить себе те затруднения, с которыми он может встретиться при анализе такого сложного объекта, и серьезное внимание обратить на разложение руды, так как присутствие хромшпинелидов, иногда в довольно значительных количествах, создает с самого начала анализа известные затруднения. Значительная часть компонентов, подлежащих определению, при полном анализе может быть определена из отдельных навесок, и это дает возможность аналитику правильно наметить ход общего анализа.

В первую очередь, до начала общего анализа, должны быть определены марганец, никель и кобальт, и только в зависимости от их содержания можно правильно наметить схему общего анализа. Проведение общего анализа без знания количественного содержания этих элементов в анализируемом образце может привести к неправильным результатам определения окиси алюминия, окиси кальция и окиси магния или к совершенно необоснованному усложнению хода анализа.

Наличие в рудах хромшпинелидов должно быть учтено аналитиком, особенно при определении общего железа, закиси железа, двуокиси титана, пятиокиси ванадия и серы.

При определении фосфора необходимо считаться с присутствием в рудах титана и ванадия.

### ОБЩИЙ ХОД АНАЛИЗА

В общем ходе анализа определяют следующие компоненты: кремневую кислоту, двуокись титана, пятиокись ванадия, окись алюминия, окись кальция и окись магния.

### Определение кремневой кислоты

Навеску 0.6—0.75 г тонко измельченного образца помещают в фарфоровую чашку емкостью 100—150 мл, приливают 10—14 мл соляной кислоты пл. 1.19 и покрывают часовым стеклом. Чашку помещают на водяную баню и нагревают до тех пор, пока не закончится растворение, что заметно по неумещающим окрашенным точкам неразложившегося вещества. (Во время растворения содержимое чашки перемешивают стеклянной палочкой). По растворении омывают часовое стекло водой, прибавляют в чашку 50—70 мл горячей воды и отфильтровывают нерастворимый остаток, промывая его на фильтре го-

\* ИГН. Выпуск 67. Серия рудных месторождений (№ 6). 1941.

речей соляной кислотой 1 : 100. Промытый нерастворимый остаток помещают в платиновый тигель и осторожно озоляют фильтр. После озоления осадок, находящийся в тигле, переносят (осторожно) в яшмовую или агатовую ступку и тщательно растирают с 10—15-кратным количеством соды.<sup>1</sup> Смесь переносят обратно в платиновый тигель, в котором производилось озоление фильтра, смывают (сухое смывание) три раза ступку небольшими количествами соды, присоединяют ее к основной смеси в тигле и сплавляют на горелке Теклю или Бартеля.

Сплавление нерастворимого остатка с содой для полного разложения хромшпинелидов необходимо производить медленно, повышая температуру нагрева тигля так, чтобы, примерно, через 40—45 мин. перевести в расплавленное состояние его содержимое. После расплавления продолжают нагревать тигель на полном пламени горелки еще 15—20 мин., охлаждают тигель, извлекают сплав, обмывают тигель сначала горячей водой, а затем разбавленной HCl 1 : 1 и растворяют сплав в соляной кислоте. Полученный раствор вместе с основным фильтратом помещают в чашку, в которой образец обрабатывается соляной кислотой, и выпаривают раствор досуха на водяной бане. Сухой остаток нагревают еще на водяной бане около часа, растирая остаток стеклянным пестиком, приливают в чашку 5 мл соляной кислоты пл. 1.19, дают постоять, прибавляют 75 мл горячей воды и нагревают, перемешивая содержимое чашки до растворения солей.

Фильтрование производят через фильтр средней плотности (белая лента d—9 см), перенося кремневую кислоту на фильтр и тщательно промывая ее сначала разбавленной соляной кислотой 1 : 20 и под конец один раз водой.

Фильтрат переносят в ту же чашку, где производилось первое выделение кремневой кислоты, и снова выпаривают раствор досуха. Сухой остаток после измельчения нагревают при температуре 100—150°C в течение получаса, прибавляют 5 мл соляной кислоты пл. 1.19 и 75 мл воды, нагревают до растворения солей и фильтруют через новый фильтр, собирая кремнекислоту со стенок чашки одним или двумя кусочками влажной фильтровальной бумаги, передвигая их по чашке стеклянной палочкой и затем перенося их на фильтр. Осадок на фильтре тщательно промывают соляной кислотой 1 : 100.

Оба осадка кремневой кислоты переносят в платиновый тигель, осторожно озоляют фильтры и прокаливают остаток до постоянного веса. Прокаленный и взвешенный осадок смачивают в тигле 1—2 мл воды, прибавляют 4—5 капель серной кислоты 1 : 2 и около 5 мл плавиковой кислоты. Тигель помещают на электроплиту и, постепенно усиливая нагревание, удаляют сначала плавиковую, затем серную кислоту, прокаливают до постоянного веса и определяют по потере в весе тигля после обработки плавиковой и серной кислотами содержание кремнекислоты в анализируемом образце.

Остаток после удаления кремневой кислоты сплавляют с небольшим количеством пироксернокислого калия, растворяют сплав в горячей воде и присоединяют к основному фильтрату.

### Определение полуторных окислов

Если в анализируемом образце руды суммарное содержание марганца, никеля и кобальта, которые должны быть определены из отдельных навесок раньше, чем начат общий анализ, не превышает 0.4—

<sup>1</sup> Перемешивание с содой нерастворимого остатка в ступке при анализе халиловских железных руд — операция обязательная, так как в нерастворимом остатке обычно находятся те или иные, иногда довольно значительные, количества хромшпинелидов, разложить которые сплавлением с содой без тщательного перемешивания и добавочного измельчения весьма затруднительно.

0.5%, дальнейший анализ, т. е. определение суммы полуторных окислов, окиси кальция и окиси магния ведется общепринятыми методами анализа железных руд, достаточно хорошо описанных в общеизвестных руководствах («Анализ черных металлов» Г. Лендель, Д. Гофман, Г. Брайт и «Анализ минерального сырья», сборник методов химического анализа ЦНИГРИ). В противном случае, если суммарное содержание марганца, никеля и кобальта превышает 0.5%, ход анализа должен быть изменен по следующим соображениям.

При осаждении аммиаком полуторных окислов, марганец, никель и кобальт частично осаждаются вместе с ними и при вычислении результатов анализа будут приняты за алюминий. Перешедшие в аммиачный фильтрат, эти металлы будут загрязнять осадки оксалата и фосфата магния, марганец очень значительно, никель и кобальт в небольшой степени. При малом содержании окиси кальция и магния в халиловских рудах загрязнения легко могут достигнуть таких размеров, что полученные результаты окажутся неприемлемыми даже для грубого технического анализа. Внесение поправок в полученные результаты путем определения количеств загрязняющих примесей в полученных осадках не всегда может дать положительные результаты, так как иногда примеси составляют большую (по весу) часть осадка.

При осаждении полуторных окисей пиридином (Остроумов, 1935, 1937) марганец, никель и кобальт количественно переходят в фильтрат вместе с кальцием и магнием и таким образом применяя для осаждения полуторных окислов пиридин, аналитик избегает опасности получения неправильных результатов при определении алюминия. Выделение из фильтрата после полуторных окислов марганца, никеля и кобальта сероводородом в присутствии уротропина (Остроумов, 1938—1940) позволяет получить достаточно быстро прекрасные результаты содержания окиси кальция и магния в анализируемом материале. При наличии в анализируемой руде более 0.5% закиси марганца, никеля и кобальта анализ после выделения кремнекислоты ведется следующим образом.

К 200—300 мл нагретого до кипения раствора, полученного после выделения кремнекислоты, прибавляют 5 мл соляной кислоты пл. 1.19 и обычным способом осаждают полуторные окислы аммиаком, применяя в качестве индикатора метилрот. Осадок отфильтровывают, промывают 2—3 раза 2% раствором азотнокислого аммония, содержащим несколько капель аммиака, смывают осадок в стакан, в котором производилось осаждение, и растворяют гидраты окислов прибавлением 10 мл соляной кислоты пл. 1.19.

После полного растворения осадка раствор разбавляют водой до 200—250 мл, помещают в стакан фильтр, через который отфильтровывались полуторные окислы, разрывают его стеклянной палочкой на мелкие части и нейтрализуют раствор аммиаком, прибавляя последний до появления мути, которую растворяют прибавлением нескольких капель соляной кислоты.

Раствор нагревают до кипения и, прибавив к раствору 2—3 капли индикатора (метилрот), производят осаждение полуторных окислов 20% раствором пиридина, прибавляя его по каплям, при постоянном помешивании до перехода окраски индикатора в желтый цвет, после чего добавляют еще некоторый избыток пиридина (10—15 мл). Раствор нагревают снова до кипения и переносят на водяную баню для полной коагуляции осадка. Отфильтровывают выпавший осадок и промывают его на фильтре 2% раствором азотнокислого аммония, содержащим несколько капель пиридина, до полного исчезновения ионов хлора в промывных водах (проба с азотнокислым серебром).

Промытый осадок полуторных окислов помещают в платиновый тигель, сушат, осторожно озоляют фильтр и прокаливают до постоянного веса.

В полученном осадке, содержащем железо, алюминий, титан, ванадий, хром и фосфор, определяют титан и ванадий. Окись алюминия определяется по разности. Фильтраты, полученные после первого осаждения полуторных окислов аммиаком и второго пиридином, объединяются, и в них после выделения марганца, никеля и кобальта определяют кальций и магний.

### Определение двуокиси титана

Прокаленный до постоянного веса осадок окислов переносят в агатовую или яшмовую ступку и тщательно перемешивают с 8—10-кратным (по весу) количеством соды. Смесь переносят в тот же платиновый тигель, в котором производилось прокаливание окислов, смывают ступку 2—3 раза небольшим количеством соды (сухое смывание) и присоединяют эту соду к основной смеси в тигле.

Тигель помещают над небольшим пламенем горелки Теклю и, постепенно увеличивая пламя, доводят смесь до плавления, после чего продолжают нагревать еще 30—40 мин. Охлаждают тигель и выщелачивают сплав водой. В водную вытяжку переходят ванадий и хром в виде щелочных хромата и ванадата, в осадке остается все железо и титан, которые отфильтровывают, прибавив предварительно к раствору немного фильтробумажной массы, и промывают осадок на фильтре 1% горячим раствором соды.

В фильтрате в дальнейшем определяют ванадий. Отфильтрованный осадок переносят в платиновый тигель, в котором производилось сплавление с содой, осторожно озоляют фильтр и сплавляют осадок с пироксернокислым калием.

После охлаждения растворяют сплав в 5% серной кислоте и определяют титан колориметрическим способом, с перекисью водорода (Гиллебранд и Лендель, 1935, 495).

### Определение пятиокиси ванадия

Щелочный фильтрат, полученный в результате отделения железа и титана от хрома и ванадия, используется для определения ванадия. Ванадий после его отделения от хрома определяется колориметрически в виде фосфорно-вольфрамо-ванадиевой кислоты (Sandell, 1936; Виноградов, 1931).

Фильтрат, содержащий хром и ванадий, нейтрализуют серной кислотой и дают избыток, создавая кислотность 3—5% (весовых) по серной кислоте. Затем к раствору прибавляют 10.1N раствора соли Мора в количестве, достаточном для восстановления находящегося в растворе шестивалентного хрома до трехвалентного,<sup>1</sup> несколько капель 10.1N раствора перманганата (до слабо розовой окраски) для окисления избытка соли Мора и 5—7 мл 6% водного раствора купферрона. Отфильтровывают выпавший осадок железа и ванадия, промывают его на фильтре 3% серной кислотой, содержащей немного купферрона, переносят осадок в платиновый тигель, осторожно озоляют фильтр и прокаливают. Прокаленный осадок тщательно смешивают с 0.5—1.0 г соды и сплавляют на горелке Теклю в течение 30—45 мин. Охлаждают тигель, выщелачивают сплав водой и отфильтровывают осадок<sup>2</sup> железа, прибавив предварительно к раствору немного фильтробумажной массы, промытой предварительно 20% раствором соды. Фильтрат собирают

<sup>1</sup> Так как хром определяется предварительно по отдельной навеске, то количество соли Мора, необходимой для восстановления хрома, определяют расчетом.

<sup>2</sup> Перед фильтрованием, фильтр и фильтробумажную массу промывают 5—6 раз горячим 20% раствором соды, так как фильтровальная бумага содержит в себе растворимые в соде органические вещества, окрашивающие раствор в желтый цвет и мешающие колориметрированию ванадия.

в мерную колбу на 25 или 50 мл, не более. Осадок на фильтре промывают несколько раз 1% горячим раствором соды.

Фильтрат должен быть прозрачным, бесцветным. Если фильтрат будет окрашен в желтый цвет ионами шестивалентного хрома, подкисляют снова раствор серной кислотой, прибавляют соли Мора для восстановления хрома, окисляют избыток соли Мора перманганатом и снова осаждают ванадий и железо купферроном. Отфильтровывают, озольют фильтр и сплавляют осадок с небольшим количеством соды. По охлаждении выщелачивают сплав водой и отфильтровывают нерастворимый осадок, как указано выше.

Полученный бесцветный фильтрат нейтрализуют серной кислотой, вводят такой избыток последней, чтобы раствор после разведения (до 25 или 50 мл) содержал 1% по весу серной кислоты, и прибавляют последовательно 0.25 мл 85% фосфорной кислоты и 0.5 мл 5% водного раствора вольфрамата натрия (количества фосфорной кислоты и вольфрамата натрия даны для объема 25 мл, если объем испытуемого раствора больше, количество реагентов должно быть соответственно увеличено), доводят до метки водой, перемешивают раствор и сравнивают полученную желтую окраску ванадиево-фосфорно-вольфрамовой кислоты со стандартным раствором, приготовленным следующим образом.

В мерную колбу одинакового объема с той, в которой находится испытуемый раствор, вводят такое же количество соды, какое находится в испытуемом растворе, нейтрализуют ее серной кислотой, вводят такой избыток серной кислоты, чтобы после доведения раствора до метки содержание ее было 1% (по весу), и затем 0.25 мл 85% фосфорной кислоты и 0.5 мл 5% водного раствора вольфрамата натрия.

Затем из бюретки прибавляют стандартного раствора ванадия, содержащего 0.01 мг ванадия в 1 мл, приготовленного растворением ванадата аммония в воде, в таком количестве, чтобы окраски испытуемого и стандартного растворов были приблизительно равны. Доводят стандартный раствор до метки водой, перемешивают и сравнивают полученные окраски в колориметре. Этим методом можно определить 0.01% ванадия при навеске 0.5 г и объеме раствора 25 мл.

### Определения окиси кальция и окиси магния

К объединенным фильтратам, после первого осаждения полуторных окислов аммиаком и второго осаждения пиридином, прибавляют 10—15 мл концентрированного аммиака и выпаривают до объема 100—150 мл.

Выпаривание растворов с прибавлением аммиака необходимо для удаления находящегося в растворе пиридина. В дальнейшем при осаждении марганца, никеля и кобальта снова прибавляется пиридин, так что, казалось бы, эта операция не нужна, но в виду того, что при осаждении марганца, никеля и кобальта сероводородом в присутствии уротропина требуются совершенно определенные условия среды, которые создаются прибавлением к раствору определенных количеств пиридина и уротропина, пренебрегать отгонкой пиридина, введенного в раствор при осаждении полуторных окислов, не следует.

Обычно после выпаривания растворов до 100—150 мл с 10—15 мл аммиака явственного запаха пиридина растворы не имеют, в противном случае прибавляют снова 10—15 мл аммиака и 50—100 мл воды и выпаривают снова.

После удаления пиридина, раствор, объем которого должен быть, примерно, 150 мл, переносится в эрленмейеровскую колбу на 300 мл и оставшийся в растворе аммиак нейтрализуется прибавлением соляной кислоты 1:1 (индикатор метилрот).

В колбу прибавляют немного фильтробумажной массы, закрывают колбу маленькой воронкой и нагревают до 60°C. В нагретый раствор

прибавляют по каплям из капельной воронки при взбалтывании 6 мл солянокислого пиридина (23 мл соляной кислоты пл. 1.19 разбавляют 30 мл воды и прибавляют 44 мл чистого перегнанного пиридина). Одновременно с прибавлением пиридина начинают пропускание умеренного тока сероводорода. Спустя 10—15 мин. прибавляют из капельной воронки по каплям при взбалтывании 35 мл 20% раствора гексаметилентетрамина. Колбу переносят на электроплиту и продолжают пропускание сероводорода при частом взбалтывании в течение 40—60 мин., не доводя раствор до кипения.

После этого снимают колбу с плитки, споласкивают воронку и стенки колбы горячей водой и пропускают сероводород до охлаждения раствора до комнатной температуры. Осадок отфильтровывают и тщательно промывают 3% раствором азотнокислого аммония, к которому прибавлено 0.5 мл свежеприготовленного сернистого аммония на 100 мл раствора.

Осадок обычно выбрасывают, так как марганец, никель и кобальт определяют из отдельных навесок.

Фильтрат, содержащий кальций и магний, подкисляют соляной кислотой по метилрот, упаривают, примерно, до 20—25 мл и охлаждают. После этого проводят разделение органических веществ, находящихся в растворе, следующим образом.

Отмеривают цилиндром 15 мл азотной кислоты пл. 1.40 и, покрыв стакан часовым стеклом, осторожно прибавляют кислоту до начала реакции. Если реакция грозит принять очень бурный характер (сильное вспенивание), стакан охлаждают погружением в холодную воду. Когда реакция, сопровождающаяся обильным выделением окислов азота, почти закончится, прибавляют понемногу оставшуюся часть азотной кислоты и затем, не снимая часового стекла, кипятят до удаления окислов азота и упаривают до 15—20 мл.

Необходимо следить за тем, чтобы жидкость не упаривалась досуха, так как в этом случае возможно воспламенение сухого остатка. Затем прибавляют еще 15—20 мл азотной кислоты и вновь кипятят до удаления окислов азота и упаривания до малого объема.

После этого снимают часовое стекло и обмывают его и стенки стакана горячей водой. В полученном растворе ведут определение кальция и магния обычным путем. Кальций выделяют в виде оксалата и пересаждают. Из объединенных фильтратов выделяют магний в виде фосфорно-аммониево-магниевого соли, отфильтровывают, растворяют, пересаждают и взвешивают в виде пиррофосфорнокислого магния. При незначительных содержаниях в анализируемых рудах окиси кальция рекомендуется определение кальция заканчивать весовым путем, прокаливая полученный осадок щавелевокислого кальция до окиси.

## АНАЛИЗ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОЛИЗА СО РТУТНЫМ КАТОДОМ

Общий ход анализа халиловских железных руд с применением электролиза со ртутным катодом значительно упрощает анализ этих руд и дает ощутимую экономию во времени. При проведении общего анализа с применением электролиза со ртутным катодом, определение кремневой кислоты и пентоксида ванадия рационально производить из отдельной навески.

### Разложение руды

Навеску 0.5—0.75 г тонко измельченной руды помещают в небольшую платиновую чашку или большой платиновый тигель, смачивают 1—2 мл воды, размещивают платиновой проволокой и прибавляют 3—5 мл серной кислоты 1 : 1 и 5—8 мл плавиковой кислоты. Тигель (чашку) помещают на электроплиту и осторожно, избегая разбрызгивания,

выпаривают до паров серной кислоты. Затем в тигель (чашку) прибавляют 6—8 г пирокислого калия и осторожно сплавляют на горелке Теклю или Бартеля до получения прозрачного сплава (подробности сплавления с пирокислым калием, см. определение железа). Охлаждают тигель, переносят сплав в стакан и растворяют его в 75—100 мл 1% серной кислоты. Сплав должен количественно раствориться. Если по растворении сплава остаются темные или вообще окрашенные частицы несплавленного вещества, их отфильтровывают, помещают фильтр вместе с осадком в платиновый тигель, озоляют фильтр и осадок обрабатывают снова небольшими количествами плавиковой и серной кислот. Выпаривают до паров серной кислоты, сплавляют с небольшим количеством пирокислого калия, растворяют сплав в 1% серной кислоте и присоединяют к основному раствору.

### Электролиз

Полученный раствор, объем которого обычно 100—150 мл, переносят в ячейку для электролиза (см. Гиллебранд, Лендель, 127), куда уже помещено необходимое количество ртути (около 200 г), покрывают ячейку стеклом и ведут электролиз током 5—6 ампер при 6—7 вольтах с анодом, который помещают возможно ближе к поверхности ртути. Электролиз продолжают, пока пробная капля раствора не покажет отсутствия или следов железа в растворе (проба с сульфосалициловой кислотой). Обычно при анализе халиловских железных руд при навеске 0.75 г вполне достаточно для количественного удаления из раствора железа, хрома, никеля и кобальта 3—4 часов. Сливают электролит, промывают ртуть водой, не прерывая тока, и ведут анализ электролита и промывных вод следующим образом.

### Определение суммы окиси алюминия, двуокиси титана и пятиокиси фосфора

При электролизе на ртутном катоде количественно можно отделить железо, никель, хром, кобальт от алюминия, ванадия, титана, кальция и магния. Марганец частично восстанавливается также до металла, переходя на ртутный катод, частично окисляется до перекиси марганца, осаждаясь на аноде. Нами дается ход анализа с учетом того, что значительная часть марганца, присутствующая в анализируемом материале, остается в растворе вместе с алюминием, титаном, ванадием, кальцием и магнием. К полученному после электролиза раствору, объем которого 200—250 мл, прибавляют 10 мл соляной кислоты пл. 1.19, нагревают раствор до кипения и осаждают алюминий, титан, фосфорную кислоту аммиаком, как обычно, в присутствии индикатора метилрот.

Отфильтровывают выпавший осадок, растворяют его в 20 мл соляной кислоты 1:1, разбавляют раствор до 200 мл, прибавляют немного фильтробумажной массы, нагревают до кипения и вновь осаждают аммиаком в присутствии индикатора метилрот. Если в анализируемом образце руды содержится значительное количество марганца, то второе осаждение иногда полезно производить пиридином, как описано в ходе общего анализа. Отфильтрованный осадок промывают на фильтре 2% горячим раствором азотнокислого аммония, содержащим несколько капель аммиака, до исчезновения реакции на хлор-ион в промывных водах, переносят в платиновый тигель, озоляют фильтр, прокаливают и взвешивают. Определение титана в полученном осадке производится, как описано в ходе общего анализа. Окись алюминия определяется по разности.

## Определение окиси кальция и магния

При незначительных содержаниях марганца в анализируемых рудах, в объединенных фильтрах после осаждения алюминия и титана аммиаком, определяют окись кальция и магния обычным способом. Осадок пирофосфата магния, если не производится предварительное выделение марганца, всегда следует проверять на содержание последнего, растворяя прокаленный и взвешенный осадок в азотной кислоте, окисляя марганец надсернистым аммонием в присутствии азотнокислого серебра и определяя количество присутствующего марганца колориметрическим путем.

В определение магния вносится соответствующая поправка.

Если в анализируемой руде содержание марганца значительно, рекомендуется его выделить сероводородом в присутствии уротропина, как описано в ходе общего анализа.

## Определение пятиокиси ванадия

Навеску 1.5—3.0 г тонко измельченного материала обрабатывают в стакане емкостью 200—250 мл соляной кислотой 1:1 в количестве 20—25 мл. Раствор нагревают до кипения, кипятят 5—10 мин., прибавляют 10—15 мл серной кислоты 1:1 и выпаривают до паров серной кислоты. Охлаждают. Прибавляют 100—150 мл воды, нагревают до растворения солей и отфильтровывают нерастворимый остаток, промывая его на фильтрате 1% серной кислотой. Нерастворимый остаток переносят в платиновый тигель или небольшую платиновую чашку, осторожно озоляют фильтр, смачивают осадок 1—2 мл воды, прибавляют 5 мл серной кислоты 1:1 и 5—10 мл плавиковой кислоты и выпаривают до паров серной кислоты.

После этого вносят в чашку 1—2 г пирокислого калия и сплавляют остаток на небольшом пламени горелки, избегая механических потерь. Сплав растворяют в 1% серной кислоте и присоединяют к основному раствору.

Раствор, объем которого должен быть 100—150 мл, нейтрализуют аммиаком до выпадения гидратов, растворяют гидраты прибавлением 1—2 капель серной кислоты, создают кислотность раствора, равную приблизительно 1% по серной кислоте, переносят раствор в ячейку для электролиза со ртутным катодом и подвергают раствор электролизу током 5—6 ампер при 6—7 вольтах. При значительных содержаниях железа в анализируемых образцах и при больших навесках полезно, по прошествии 2—3 часов, сменить находящуюся в ячейке ртуть, так как большое количество железа, переходящее в ртуть, делает последнюю мало подвижной, затрудняет электролиз и вызывает некоторые неудобства при отделении раствора ртути в конце электролиза. Через 5—6 часов раствор сливают, промывают ртуть водой и из объединенных растворов (основной электролиз плюс промывные воды), после введения в раствор такого количества серной кислоты, чтобы кислотность раствора была, примерно, 4—5% (по весу), осаждают ванадий и титан купферроном, прибавляя к холодному раствору 10—15 мл 6% водного раствора купферрона. Отфильтровывают выпавший осадок, промывают его на фильтре 3% серной кислотой, содержащей немного купферрона, переносят осадок в платиновый тигель, осторожно сушат, озоляют и сплавляют осадок с небольшим количеством соды.

Сплав выщелачивают водой, в водную вытяжку переходит ванадий в виде щелочного ванадата. Определение ванадия в водной вытяжке производят колориметрическим путем с фосфорно-вольфрамовой кислотой, как описано в ходе общего анализа.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ

### Определение общего железа

Халиловские железные руды, благодаря присутствию в них хромшпинелидов, относятся к неразложимым в кислотах рудам (кроме смеси хлорной и серной кислот).

Для определения общего железа, которое обычно производится из отдельной навески, разложение руды производится следующим образом.

Навеску 0.25—0.30 г руды помещают в фарфоровый или кварцевый тигель и сплавляют с 10—15-кратным количеством пиросерноокислого калия.

При сплавлении с пиросерноокислым калием в начальных стадиях сплавления очень часто, вследствие выделения воды, содержащейся в анализируемом образце, происходит настолько сильное вспенивание расплава, что возможны выбросы из тигля. Поэтому нагревание необходимо производить лишь до степени, достаточной для поддержания расплава в жидком состоянии, постепенно повышая температуру до полного исчезновения несплавившихся окрашенных частиц, которые хорошо видны при поднесении тигля к какому-нибудь источнику света, после небольшого охлаждения.

Из-за окончания сплавления охлаждений сплав извлекают из тигля, сплавления, естественно, получить нельзя. При длительном сплавлении пиросерноокислый калий переходит в нейтральный сульфат, температура соли при этом повышается, что заметно по образованию корочек кристаллов на поверхности расплава. В этом случае необходимо охладить сплав, прибавить несколько капель серной кислоты и снова продолжать нагревание.

После окончания сплавления охлаждений сплав извлекают из тигля, переносят в стакан, обмывают тигель горячей водой, прибавляют в стакан 15—20 мл соляной кислоты пл. 1.19 и нагревают до растворения сплава. Нерастворимый остаток (кремневая кислота) не должна иметь темных или вообще окрашенных точек,<sup>1</sup> указывающих на неполное сплавление. В противном случае нерастворимый остаток необходимо отфильтровать, прокалить в фарфоровом тигле и сплавить с небольшим количеством соды. Сплав растворяют в соляной кислоте и присоединяют к основному раствору.

После проведения навески в раствор, последний выпаривают до небольшого объема (20—25 мл) и определяют железо после восстановления хлористым оловом, титруя перманганатом калия (по Циммерману-Рейнгарту) или же двуххромовокислым калием в присутствии дифениламина по Кнопю. Из элементов, мешающих определению железа по Циммерману-Рейнгарту (Reingardt, 1884), куда относятся молибден, вольфрам, ванадий, платина, органические вещества, в халиловских железных рудах присутствует только ванадий, который не может оказать значительного влияния на определение железа, так как его содержание редко превышает 0.1%. Органические вещества, довольно часто встречающиеся в этих рудах, полностью разрушаются при сплавлении с серноокислым калием.

При проведении определения железа необходимо соблюдать следующие условия:

1. Избегать при восстановлении железа хлористым оловом введения большого избытка его (больше 1 капли), так как в противном случае при прибавлении к раствору сулемы последняя восстанавливается до металлической ртути (выпадение серого осадка) и определение же-

<sup>1</sup> Некоторые типы руд, как, например, конгломератовые и охристые, содержат значительные количества кварца, пропитанного гидроокисью железа. Полное извлечение железа в этих рудах возможно только при сплавлении нерастворимого остатка с содой или же обработкой с  $\text{HF} + \text{H}_2\text{SO}_4$ .

леза надо начинать снова. На соблюдение этого условия надо обратить особенное внимание, так как в виду присутствия хрома в халиловских железных рудах полное обесцвечивание раствора при восстановлении хлористым оловом не происходит и после восстановления железа раствор остается окрашенным в более или менее интенсивный цвет ионами трехвалентного хрома, в связи с чем чрезвычайно легко может быть введен в раствор недопустимый избыток хлористого олова.

2. Прибавлять сулему только к холодному раствору и титровать через 5—10 минут после ее прибавления. Невыполнение этого условия приводит к получению неправильных результатов.

3. Установку титра перманганата необходимо производить по стандартным образцам железных руд или по чистой окиси железа, проводя ее одновременно с исследуемыми рудами и применяя тот же ход анализа.

Ход определения по Циммерману-Рейнгарту. Полученный после разложения руды солянокислый раствор, который при объеме 20—25 мл содержит около 10 мл соляной кислоты пл. 1.19, нагревают до 80—90° С и восстанавливают железо, приливая по каплям раствор двуххлористого олова (150 г хлористого олова  $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  растворяют в 300 мл соляной кислоты и разбавляют до литра) до неизменяющейся окраски раствора. После охлаждения прибавляют 10 мл насыщенного раствора сулемы и по истечении 5—10 мин. переносят раствор в большую фарфоровую чашку или колбу Эрленмейера, в которую предварительно наливают 25 мл раствора Рейнгарта (200 г  $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  растворяют в 1000 мл воды и к полученному раствору прибавляют охлажденную смесь 400 мл  $\text{H}_2\text{SO}_4$  пл. 1.84, 1200 мл воды и 400 мл фосфорной кислоты пл. 1.7) и 400 мл воды, и титруют перманганатом до розовой окраски.

При точных анализах следует провести глухой опыт со всеми реактивами и ввести соответствующую поправку.

Ход определения по Кн.опу. Навеску руды переводят в раствор и восстанавливают железо хлористым оловом, как описано выше. После восстановления и добавления хлорида ртути, приливают 200 мл воды, 10 мл серной кислоты 1 : 5, 5 мл 85% фосфорной кислоты и 6—8 капель индикатора (0.2% раствор дифениламиносульфоната натрия в воде) и медленно титруют раствором бихромата, пока цвет раствора не перейдет из чисто зеленого в серо-зеленый. После этого титрование продолжают очень медленно, приливая раствор бихромата по каплям, пока не появится пурпурный или фиолетово-синий оттенок.

Одновременно проводят глухой опыт со всеми реактивами и вносят соответствующую поправку в титрование.

Титрование бихроматом калия имеет значительные преимущества перед титрованием перманганатом уже по одному тому, что растворы бихромата чрезвычайно устойчивы, чего нельзя сказать про растворы перманганата (влияние света, температуры).

### Определение кобальта

Лучшим методом определения кобальта в халиловских железных рудах, содержащих относительно незначительное количество этого элемента, является колориметрический метод, основанный на образовании неокрашенного комплекса  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}(\text{CNS})_4$  (Звенигородская, 1938).

Ход анализа. Навеску хорошо измельченной руды 0.5—1.0 г помещают в стакан емкостью 150—200 мл, приливают 10—15 мл царской водки (разложение можно также вести соляной кислотой с прибавлением нескольких капель перекиси водорода), покрывают часовым стеклом и упаривают досуха. Затем дважды добавляют по 5—6 мл соляной кислоты пл. 1.19, выпаривая каждый раз досуха. Сухой остаток смачивают

1—2 мл соляной кислоты, добавляют 10—15 мл воды, накрывают стакан часовым стеклом и нагревают до растворения солей. По охлаждении, не отфильтровывая нерастворимого остатка (хромшпинелиды, силикаты, кремневая кислота), нейтрализуют раствор аммиаком 1 : 1, добавляя его по каплям при непрерывном помешивании раствора до появления нерастворяющейся мути (гидроокись железа). Появившуюся муть осторожно растворяют добавлением одной-двух капель соляной кислоты 1 : 1.

В полученный таким образом слабокислый раствор бросают кристаллик (около 0.05 г) роданистого аммония, причем раствор окрашивается в кроваво-красный цвет, и при непрерывном помешивании частыми каплями прибавляют из бюретки 10% раствор пирофосфата натрия до полного исчезновения кроваво-красного окрашивания (при наличии в образце заметных количеств никеля, раствор с осадком приобретает в этот момент слабо-желтоватый оттенок, в отсутствии никеля раствор становится молочно-белым, если только руда не содержит значительного нерастворимого остатка темного цвета). Затем вводят 5 г роданистого аммония и добавляют из бюретки при помешивании еще половинное количество введенного ранее пирофосфата. Далее переносят раствор с осадком в цилиндр для колориметрирования (цилиндр одинакового диаметра из бесцветного стекла с шлифованной пробкой с меткой 50 и 100 мл, емкость 110—120 мл, диаметр 25—27 мм), тщательно ополаскивают стаканчик водой, доводят до метки 50 мл и ацетоном до метки 100 мл, взбалтывают, дают отстояться осадку и устанавливают содержание кобальта в растворе путем сравнения с типовым раствором, находящимся в цилиндрах одинакового объема и диаметра. Сравнение окрасок производят на фоне белой бумаги.

Если по отстаивании осадка раствор имеет зеленоватый оттенок, мешающий колориметрированию, то его уничтожают добавлением по каплям аммиака 1 : 1 (допустимый избыток аммиака одна-две капли на 100 мл объема сверх нейтральной реакции на лакмус).

Присутствующие иногда в халиловских железных рудах органические вещества также могут сказываться при определении кобальта, придавая зеленоватый оттенок нормальной окраске кобальта, не исчезающий при прибавлении аммиака. В этом случае анализ необходимо начать снова, предварительно прокалив навеску анализируемого образца.

Приготовление стандартного раствора кобальта. Стандартный раствор кобальта, содержащий 0.0001 г кобальта в 1 мл, приготавливают растворением 0.4037 г трижды перекристаллизованного и высушенного на воздухе  $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (хранить в баночке с притертой пробкой) в дистиллированной воде, раствор переносят в мерную колбу на 1 л и доводят водой до метки.

Приготовление шкалы типовых растворов. В цилиндры для колориметрирования отмеривают из микробюретки последовательно 0.5, 1.0, 2.0 мл и т. д. стандартного раствора кобальта с интервалом в 1 мл до 6 мл включительно. Затем добавляют во все цилиндры 50% ацетон, содержащий 5% роданистого аммония или калия до метки в 100 мл и хорошо взбалтывают. Шкала пригодна для употребления в течение 5—10 дней, а иногда и долее, до изменения цвета раствора (побледнение, позеленение).

### Определение никеля

Если при определении никеля в халиловских железных рудах производить разложение анализируемого образца кислотами, получают несколько пониженные результаты в виду того, что небольшая часть никеля, содержащегося в рудах, входит в состав хромшпинелидов, изоморфно замещая в них закись железа. Так как хромшпинелиды кис-

лотами не разлагаются (кроме  $\text{HClO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$ ), разложение при определении никеля ведут сплавляя навеску с пиросерноокислым калием.

**Ход анализа.** Навеску около 1.0 г помещают в фарфоровый или кварцевый тигель и сплавляют с 10—15-кратным количеством пиросерноокислого калия<sup>1</sup> (подробности сплавления, см. определение железа). После охлаждения тигля сплав переносят в стакан емкостью 200—250 мл и растворяют его в 1—2% соляной кислоте. После растворения сплава в стакан прибавляют немного фильтробумажной массы и отфильтровывают нерастворимый остаток, который не должен содержать темных и вообще окрашенных частиц, указывающих на неполное сплавление. Остаток промывают на фильтре 1% горячей соляной кислотой.

К фильтру, объем которого 200—250 мл, прибавляют 7—8 г лимонной кислоты (винной кислоты прибавлять нельзя, так как вследствие присутствия в растворе значительных количеств калия при прибавлении винной кислоты выпадает кислый виннокислый калий, мешающий определению никеля), нейтрализуют раствор аммиаком до слабо кислой реакции, нагревают до кипения, прибавляют 20—25 мл 1% спиртового раствора диметилглиоксима, затем еще аммиака до щелочной реакции (проба на лакмус) и дают стоять один час на водяной бане.

Охладив раствор, фильтруют (при незначительных содержаниях никеля фильтровать надо на другой день) выпавший осадок диметилглиоксима никеля через фильтр средней плотности и промывают его на фильтре 1—2 раза горячей водой.

Осадок на фильтре растворяют в горячей соляной кислоте 1 : 1, собирая раствор в стакан, в котором производилось первое осаждение, прибавляют 0.5—1.0 г лимонной кислоты, нейтрализуют раствор аммиаком до слабо кислой реакции, нагревают до кипения и осаждают снова никель, прибавляя 10 мл 1% спиртового раствора диметилглиоксима и аммиака до щелочной реакции.

Охлаждают и через 2—3 часа фильтруют через взвешенный тигель с пористым дном, основательно промывают горячей водой, высушивают при 105—110° С в течение часа и взвешивают.

### Определение хрома и марганца

Определение хрома и марганца удобнее всего производить из одной навески по методу Ланга и Курца (Lang u. Kurtz, 1931), несколько измененному Лазаревым (1937), следующим образом.

**Ход анализа.** Навеску 0.5 г тонкоизмельченной руды помещают в кварцевый или фарфоровый тигель и сплавляют с 10—15-кратным количеством пиросульфата калия. После охлаждения тигля сплав переносят в стакан емкостью 300—400 мл и растворяют в 70—90 мл 10% (по весу) серной кислоты.

После растворения сплава прибавляют фильтробумажной массы, отфильтровывают кремневую кислоту через фильтр средней плотности, собирая фильтрат в эрленмейеровскую колбу емкостью 500 мл, и промывают осадок на фильтре горячим 5% раствором серной кислоты.

Разбавляют фильтрат водой до 200—250 мл, прибавляют 5 мл ортофосфорной кислоты, 5 мл 0.1% раствора, азотнокислого серебра и 1—2 г надсерноокислого аммония. Раствор нагревают до кипения, кипятят в течение 10 мин., охлаждают, прибавляют избыток титрованного раствора соли Мора и оттитровывают избыток последней перманганатом, определяя при этом сумму окиси хрома и закиси марганца. Затем к раствору вновь прибавляют 1—2 г надсерноокислого аммония, нагревают до кипения, кипятят в течение 10 мин, прибавляют 3—4 мл соляной

<sup>1</sup> Некоторые предпочитают вести разложение соляной кислотой с дополнительной обработкой нерастворимого остатка плавиковой и серной кислотами и сплавлением с пиросерноокислым калием.

кислоты 1:1 для разрушения марганцевой кислоты и кипятят еще 10 мин. для удаления хлора. Охлаждают и титруют, как и в первый раз, определяя при этом окись хрома. Разница между первым и вторым титрованием дает количество миллилитров перманганата, эквивалентных содержанию марганца в анализируемом образце.

### Определение закиси железа

Разложение халиловских железных руд для определения закиси железа может быть произведено только по Митчерлиху серной кислотой в запаянных трубках при температуре  $250^{\circ}\text{C}$ , так как значительная часть закисного железа, находящегося в этих рудах, связана с окисью хрома в виде хромшпинелидов.

Ход анализа. Навеску 0.3—0.5 г тонкоизмельченного образца берут в весовой стаканчик высотой 10—15 мм и диаметром 15 мм и помещают в стеклянную пробирку длиной 300 мм и внутренним диаметром 17—20 мм. Затем на расстоянии 20—25 см от дна пробирки делают перетяжку диаметром 3—4 мм и после охлаждения пропускают в трубку ток углекислоты в течение 3—4 мин. для вытеснения из нее воздуха. Наливают в пробирку 20—25 мл серной кислоты, специально приготовленной (см. ниже), и продолжают пропускать в пробирку углекислоту еще в течение 2—3 мин., держа стеклянную трубку, подводящую углекислоту, на расстоянии, примерно, 5 мм от уровня жидкости. После этого поднимают трубку, подводящую углекислоту, за перетяжку и, не прерывая тока углекислоты, запаивают пробирку.

Во избежание разрыва трубок при нагревании, разложение производится в автоклаве, что позволяет пользоваться для разложения пробирками из обычного стекла и оставлять очень малое свободное пространство в трубке над жидкостью.

Запаянную трубку помещают в автоклав, в который предварительно налито до половины воды, закрывают автоклав и нагревают до  $250^{\circ}\text{C}$ , время от времени отставляя горелку и переворачивая автоклав для перемешивания жидкости в трубках (переворачивание автоклава удобно производить, если разложение ведется в небольших автоклавах емкостью, примерно, 250—300 мл).

После 3—4-часового нагревания, которого обычно достаточно для полного растворения навески, охлаждают автоклав, вынимают трубку, вскрывают ее, выливают содержимое в эрленмейровскую колбу на 500 мл, тщательно ополаскивают внутреннюю поверхность трубки водой, прибавляют в колбу 150—200 мл воды и 5 мл фосфорной кислоты и титруют 0.05 N раствором перманганата до слабо розовой окраски.

### Определение серы

При определении серы в халиловских железных рудах после щелочного окислительного сплавления или спекания, в водной вытяжке вместе с серой в виде щелочной сернокислой соли находится всегда довольно значительное количество хрома в виде щелочного хромата. Обычное осаждение иона  $\text{SO}_4$  хлористым барием в присутствии хромовой кислоты дает ошибки, доходящие до 30% (Тарасенков, 1931), поэтому при определении серы в халиловских железных рудах необходимо производить осаждение ионов  $\text{SO}_4$  из уксуснокислой среды уксуснокислым барием после предварительного восстановления хрома (Никитина и Бабаева, 1930).

Ход анализа. Наверху 2 г тонкоизмельченной руды смешивают с 8—10-кратным количеством смеси  $\text{ZnO} \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3$  (4:1) (Ebangh a. Sprague, 1907) и помещают смесь в фарфоровый тигель, на дно которого предварительно насыпается тонкий слой окиси цинка.

В тигле смесь покрывают тонким слоем  $ZnO + Na_2SO_3$  (4 : 1), тигель помещают в слабо нагретый муфель и, постепенно повышая температуру, производят спекание при  $800^\circ C$  в течение 1—1.5 часов. По охлаждении вынимают тигель, выщелачивают спек водой и отфильтровывают нерастворимый остаток, промывая его на фильтре 1% горячим раствором соды. Фильтрат упаривают до 50—60 мл, прибавляют 30 мл ледяной уксусной кислоты, 30 мл формалина и кипятят раствор 15—20 мин. до полного восстановления хрома. Восстановленный раствор разбавляют водой до 300 мл, нагревают до кипения и осаждают горячим 1% раствором уксуснокислого бария, который вводится по каплям при постоянном помешивании в количестве 50 мл. стакан помещают на водяную баню (2—3 часа) и изредка помешивают раствор стеклянной палочкой. Осадок отфильтровывают на другой день через плотный фильтр, промывают осадок водой, подкисленной уксусной кислотой, переносят осадок во взвешенный фарфоровый тигель, прокаливают и взвешивают.

Одновременно с определением через весь ход анализа проводят холостой опыт и вносят соответствующую поправку в полученные результаты.

### Определение пятиокси фосфора

Наличие в халиловских железных рудах титана, иногда в довольно значительных количествах, исключает возможность применения кислого разложения для этих руд.

Незначительные количества ванадия, присутствующие в халиловских рудах, могут сказаться на определении фосфора, и в ходе анализа необходимо принять меры, препятствующие осаждению ванадия вместе с фосфором.

Ход анализа. Навеску 10 г руды помещают в платиновый тигель, смешивают с 5—8-кратным количеством соды и сплавляют на горелке Теклю или Бартеля. Охладив тигель со сплавом, помещают в стакан емкостью 250 мл, выщелачивают сплав горячей водой и по окончании разложения сплава удаляют и ополаскивают тигель. Нагревают еще 10—15 мин. и фильтруют нерастворимый осадок, промывая его на фильтре 1% горячим раствором соды. Подкислив фильтрат азотной кислотой и выпарив досуха в фарфоровой чашке, охлаждают чашку, приливают 25 мл разбавленной азотной кислоты (1 : 1), нагревают до кипения, затем приливают 20 мл воды и фильтруют, промывая осадок на фильтре 1% горячей азотной кислотой. Полученный раствор. объем которого обычно 60—70 мл, нейтрализуют аммиаком до нейтральной реакции, подкисляют 2—3 мл азотной кислоты пл. 1.40, охлаждают до  $20^\circ C$ , вводят 0.1—2 г сернокислой соли закиси железа, 0.5 г азотнокислого железа или окисных квасцов и 40 мл молибденовой жидкости<sup>1</sup> и, перемешав раствор стеклянной палочкой, оставляют стоять на 6—12 часов. Через 6—12 часов прибавляют 3—5 мл молибденовой жидкости, чтобы убедиться в полноте осаждения фосфора, и, если осадок небольшой и имеет чисто желтый цвет, фильтруют через тигель с пористым дном (№ 3), промывают на фильтре 2% раствором азотнокислого аммония, подкисленного азотной кислотой, сушат при  $165^\circ C$  в течение 2—3 часов и взвешивают.<sup>2</sup> Если осадок большой и есть сомнения в его чистоте,

<sup>1</sup> Смешивают 100 г чистого молибденового ангидрида или 118 г 85% молибденовой кислоты с 400 мл воды, медленно прибавляют при сильном перемешивании 80 мл аммиака и, когда все перешло в раствор, фильтруют. Готовят второй раствор, содержащий 400 мл азотной кислоты и 600 мл воды. Сильно перемешивают второй раствор пропуская его через трубку и очень медленно вливают в него первый раствор посредством трубки; конец которой опущен в жидкость. Когда весь раствор будет прибавлен, продолжают пропускать струю воздуха еще в течение 1—2 часов. Дают постоять и если нужно фильтруют.

<sup>2</sup> Необходимо помнить, что осадок  $(NH_4)_2PO_4 \cdot 2 MoO_3$  очень гигроскопичен.

его отфильтровывают через обычный фильтр, промывают 2—3 раза 2% раствором азотнокислого аммония и растворяют на фильтре 5—10% раствором аммиака, собирая фильтрат в стакан, где производилось осаждение.

Если на фильтре остается какой-либо осадок, не растворяющийся в аммиаке, его растворяют несколькими каплями азотной кислоты 1:1, промывают фильтр 1% азотной кислотой и присоединяют кислый раствор к аммиачному. Объединенные растворы нейтрализуют азотной кислотой до появления желтого осадка, прибавляют еще 1—2 мл азотной кислоты пл. 1.40, 7 г азотнокислого аммония и 3—5 мл молибденовой жидкости, перемешивают раствор и через 2—4 часа фильтруют через тигель с пористым дном (№ 3), сушат и взвешивают.

### Определение влаги

Навеску в 1—2 г руды помещают в бюкс с притертой крышкой и сушат при 100—105° до постоянного веса.

### Определение общей воды

Определение общей воды производится по Пенфильду (Penfield, 1894) следующим образом.

Навеска 0.5—1.0 г помещается на дно узкой, предварительно высушенной трубки из стойкого стекла, расширенной на запаянном конце, но имеющей кроме того еще одно или два расширения в середине для предохранения от обратного стекания конденсирующейся воды и лопания горячего стекла (Гиллебранд и Лендель, 1935, 735). От потери воды в воздух защищает вытянутая в капилляр вторая трубка, присоединяемая с помощью резиновой трубки к первой. Трубку укрепляют в горизонтальном положении и нагревают шарик, где помещена навеска исследуемой руды, до нужной температуры на бунзеновской или на паяльной горелке. Часть трубки, служащей холодильником, обматывают мокрой фильтровальной бумагой, чтобы обеспечить полную конденсацию воды. Отнимают нагретый конец, охлаждают трубку и взвешивают. Затем удаляют находящуюся в трубке воду продуванием теплого воздуха и снова взвешивают. Разность между двумя взвешиваниями дает содержание воды в анализируемом образце.

### Определение углекислоты, хлора и щелочей

Определение углекислоты, которая иногда присутствует в халиловских железных рудах, производят обычно по методу Фрезениуса.

Хлор определяют в водной вытяжке после сплавления навески с содой.

Щелочи определяются по Смиту, т. е. методами, достаточно хорошо известными, описание которых можно найти в целом ряде руководств, см. В. Гиллебранд и Г. Лендель «Практическое руководство по неорганическому анализу».

## ЛИТЕРАТУРА

- Архангельский А. Д. Геологическое строение СССР, 1932.
- К вопросу об условиях образования бокситов в СССР. Бюлл. Моск. общ. испыт. природы, отд. геол., 1933, 11, № 4, 405.
  - Типы бокситов СССР и их генезис. Тр. Конференции по генезису руд железа, марганца и алюминия. М., изд. Акад. Наук, 1937.
  - и Копченова Е. В. К познанию химического состава железных руд СССР. Тр. Инст. геол. и мин., 1935, вып. 11.
- Батищев-Тарасов С. Д. Итоги геолого-разведочных работ 1937—1938 гг. на северном участке Ново-Киевского месторождения и ближайшие задачи. Сб. Орско-Халиловская проблема. М., изд. Акад. Наук, 1939.
- Безруков П. Л. и Яншин А. Л. Юрские отложения и месторождения бокситов на Южном Урале. Тр. Всесоюз. инст. мин. сырья, 1934, вып. 7.
- Юрские отложения и месторождения алюминиевых руд в примугоджарских степях. Сб. Бокситы, т. I, ч. I. ОНТИ, 1937.
- Бетехтин А. Г. и Кашин С. А. Минералогия Халиловских месторождений хромистого железняка на Южном Урале. Сб. Хромиты СССР, т. I. М., изд. Акад. Наук, 1937.
- Богословский Н. А. О некоторых явлениях выветривания в области русской равнины. Изв. Геол. ком., 1899, 18, № 5.
- Бокий Г. Б. Краткое геологическое описание Халиловского месторождения бурых железняков. Сб. Халиловские недра зовут. Самара, изд. Ср.-Волжск. геол.-разв. тр., 1931.
- Бушинский Г. И. Болотные сидериты Белоруссии. Ред. Изв. Акад. Наук, 1939, рукопись.
- Вернадский В. И. О цветности алюмосиликатов. Доклады Акад. Наук, сер. А, 1932, 107—124.
- и Курбатов С. М. Земные силикаты, алюмосиликаты и их аналоги. ОНТИ, 1937.
- Вяноградов А. П. Колориметрическое определение ванадия с фосфорно-вольфрамовой кислотой. Доклады Акад. Наук, Сер. А., 1931, № 10, 249—252.
- Войнова Е. В. Описание геологического строения юго-западной части Орского района на основании исследования 1934 г. ЦНИГРИ, 1935, рукопись.
- Гиллебранд В. и Лендель Г. Практическое руководство по неорганическому анализу, 1935.
- Гинзбург И. И. Геохимия коры выветривания серпентинитов Южного Урала. Изв. Акад. Наук, сер. геол., 1938, № 1, 35.
- и Пономарев А. И. Адсорбция никеля и других металлов водными силикатами железа. Изв. Акад. Наук, сер. геол., 1939, № 1, 85.
  - — Общая адсорбция никеля различными минералами, 1940, рукопись.
  - и Савельев И. И. Образование никелевых месторождений силикатных руд на Южном Урале. Изв. Акад. Наук, сер. геол., 1939, № 6, 119.
  - — и др. Сводный отчет группы коры выветривания за 1936—1937 гг., 1938—1939 гг. Инст. геол. наук Акад. Наук, 1940, рукопись.
- Звенигородская В. М. Колориметрическое определение кобальта в железно-никелевых рудах пирофосфатно-родановым методом. Заводск. лаб., 1938, № 12, 1350—1355.
- Землячченский П. А. К вопросу о зависимости характера выветривания минералов от климатических условий. Доклады Акад. Наук, 1939, 25, № 6.
- Ислюль В. Экспериментальные исследования в области химической конституции силикатов. Хлориты. Пг., 1917.
- Калганов М. И. О никеле и кобальте в халиловских железных рудах. Фонды Ломоносов. инст. Акад. Наук, 1937, рукопись.
- Карпинский А. Отчет о геологическом исследовании в Оренбургском крае. Горн. журн., 1874, 2.
- Мезозойские угленосные отложения восточного склона Урала. Горн. журн., 1909, 3, кн. 7.
- Кассин Н. Г. Металлогенетические процессы Казахстана. Зап. Мин. общ., 1938, 67, № 2.
- Кеппен Н. М. Материалы по исследованию халиловских железных руд. Изв. Ленингр. горн. инст., 1937, вып. 2, 10.

- Кечек Г. А. Описание Халиловского месторождения. Гипроруда, Геологическая часть проекта разработки комплексных руд Халиловского района, 1934, рукопись.
- Кириченко Г. И. Геологическое описание планшета М-40-21-А в масштабе 1:50000. ЦНИГРИ, 1935, рукопись.
- Киселев А. И. К вопросу о генезисе халиловских полезных ископаемых. Разв. недр, 1935, № 19.
- Коптев-Дворников В. С. и Ульянов Д. Г. Краткий геологический очерк. Сб. Халиловские месторождения никелевых руд, вып. I. Самара, изд. Ср.-Волжск. геол.-разв. тр., 1932.
- Копченова Е. В. О химико-минералогическом составе халиловских железных руд. Фонды Всесоюз. инст. мин. сырья, 1934, рукопись.
- Корин И. З. Халиловское месторождение никеля и условия его образования. Изв. Акад. Наук, сер. геол., 1939, № 6, 141.
- Коробов Н. И. Выплавка чугуна из халиловской руды на Липецком заводе. Сов. металлург., 1932, № 12, 773.
- Опытная доменная плавка халиловских руд. Моск. инст. стали, 1933, вып. 3.
- Крестовников В. Н. и Раузер-Черноусова Д. М. О фораминиферах из переходных от девона к карбону слоев (зона etroeuung). Доклады Акад. Наук, 1938, 20, № 7—8.
- Криштофович А. Н. О меловой флоре восточного склона Урала и отношении ее к залегам бокситов. Мат. ЦНИГРИ, общ. сер., 1936, сб. I, 42—49.
- Кротов Б. П. 1. Классификация и номенклатура минеральной группы окиси и гидратов окиси железа. Сб. Железородные месторождения Алапаевского типа, т. 2. Изд. Совета по изуч. произв. сил. и Ломоносов. инст. Акад. Наук, 1936.
- 2. Отчет о полевых работах на Халиловских месторождениях в 1936 г. Фонды Совета по изуч. произв. сил. Акад. Наук, 1936, рукопись.
- О Халиловском железородном месторождении. Тр. Ломоносов. инст. Акад. Наук, 1937, 9.
- О времени образования железородных месторождений Урала. Изв. Акад. Наук, 1938, № 4.
- 1. Итоги разведок и изучения Халиловских железородных месторождений и ближайшие исследовательские задачи. Сб. Орско-Халиловская проблема. Изд. Акад. Наук, 1939.
- 2. Железные руды Халиловских месторождений. Фонды Совета по изуч. произв. сил. Акад. Наук, 1939, рукопись.
- Кротов Б. П. О нахождении в Халиловских железородных месторождениях магнетита, образовавшегося из растворов поверхностного происхождения при низкой температуре. Доклады Акад. Наук, 1940, № 8.
- Подситник А. А., Рыловникова В. П. и Роде Е. Я. Железородные месторождения Алапаевского типа на восточном склоне Среднего Урала и их генезис, т. 1—2, 1936.
- Курнаков Н. С. и Черных В. В. К минералогии Баженовского асбестового месторождения. Мат. общ. и прикл. геол., 1930, вып. 151.
- Лазарев Н. В. Определение хрома и марганца при совместном их присутствии. Заводск. лаб., 1937, № 5, 627—628.
- Левина С. Д. К вопросу о минералогии Ново-Киевского месторождения. Тр. Моск. геол.-разв. инст., 1939, 15, 54.
- Левинсон-Лессинг Ф. Ю. Геологические исследования в Губерлинских горах (предварительный отчет). Зап. Мин. общ., 2 сер., 1891, 28.
- Либрович Л. С. Палеозой восточного склона Урала. Объяснительная записка к геологической карте Урала 1:1000000.
- Лодочников В. Н. Основы микроскопических методов исследования кристаллического вещества. 2 изд. Лг., 1932.
- Маслов В. П. Материалы к познанию ископаемых водорослей СССР. Тр. Научно-иссл. инст. мин. сырья, 1935, вып. 72.
- Наливкин Б. В. 1. Геологическое строение Орско-Халиловского района. Южный Урал. Описание планшета М-40-9-А (южная половина). ЦНИГРИ, 1935, рукопись.
- 2. Геологическое строение Орско-Халиловского района, Южный Урал. Описание планшета М-40-9-13. ЦНИГРИ, 1935, рукопись.
- Никитина Е. А. и Бабаева А. В. Количественное определение связанной серной кислоты в присутствии солей хрома. Тр. Инст. чистых хим. реакт., 1930, вып. 10, 9—20.
- Олли А. И. К геологии Переволочанского месторождения диатритов. Тр. Башкирск. геол. тр., 1938, вып. 8.
- Остроумов Э. А. Отделение железа, алюминия и хрома от марганца, кобальта и никеля при помощи пиридина. Заводск. лаб., 1935, № 11, 1317—1320.
- Отделение железа, алюминия, хрома, урана, циркония и титана от марганца, кобальта, никеля, магния, щелочноземельных металлов и щелочей при помощи пиридина. Заводск. лаб., 1937, № 1, 16—20.
- Выделение марганца в виде кристаллического сульфида сероводородом в присутствии гексаметилентетрамина. Заводск. лаб. 1938, № 11, 1233—1237.

- Остроумов Э. А. и Бомштейн Р. О. Новый метод отделения металлов третьей аналитической группы от кальция, магния и щелочей сероводородом в присутствии гексаметилентетрамина. Заводск. лаб., 1940, № 2, 139—142.
- Отчеты сотрудников никелевой группы Южно-Уральской экспедиции СОПС и ИГН. Фонды Совета по изуч. произв. сил Акад. Наук, рукопись.
- Петренко А. А. 1. К открытию бокситов на Южном Урале. Пробл. сов. геол., 1932, 3, вып. 9.
- 2. Геология северо-восточной части Орского района. Тр. Гл. геол.-разв. упр., 1932, вып. 250.
- Геологический очерк Орско-Домбарского промышленного района. Зап. Мин. общ., 1939, 68, вып. 3.
- Поляков П. В. Полезные ископаемые Орско-Халиловского железорудного района Средне-Волжского края. Отчет о геолого-разведочных работах и подсчет запасов бурых железняков Халиловского месторождения на 1 сентября 1931 г. Изд. Ср.-Волжск. геол.-разв. тр., 1931.
- Преображенский Б. П. Титано-хромоникелевые железные руды Халиловского района. Сб. Минеральные ресурсы Урала, Свердловск, изд. Уралплана, 1931, 181.
- Рудная база и перспектива добычи для Орско-Халиловского комбината. Сов. металлург., 1932, № 12, 766.
- Рудная база Орско-Халиловского металлургического комбината. Сб. Качественная металлургия Орско-Халиловского района. Металлургиздат, 1934.
- Пушкина. Минералогический анализ халиловской руды. Фонды Механобра, 1933, рукопись.
- Разумовская Е. Э. 1. О врезанных меандрах р. Губерли. Изв. Гос. геогр. общ., 1935, 67, вып. 2.
- 2. Геологическое строение Орско-Халиловского района. Описание планшета М-40-33.А. ЦНИГРИ, 1935, рукопись.
- 3. Геологическое строение Орско-Халиловского района. Описание планшета М-40-33.Б. ЦНИГРИ, 1935, рукопись.
- Геология южной части Южного Урала (район Орска, Халилова и Блявы). Путевод. XVII Междунар. геол. конгр., Урал. экск., южн. маршр. М.-Лг., ОНТИ, 1937, 73.
- Разумовский Н. К. Геологическое строение Орско-Халиловского района. Отчет Блявинской экспедиции ЦНИГРИ по съемке летом 1934 г. в масштабе 1:1000000. Фонды ЦНИГРИ, 1935, рукопись.
- Роде Е. Я. Физико-химическое изучение уральских железных руд. III. Гидрогематиты и турциты. Сб. Железорудные месторождения алапаевского типа, т. 2. Ломоносов, инст. Акад. Наук и Совет по изуч. произв. сил Акад. Наук, 1936.
- Физико-химический анализ образцов руд и минералов Уральских месторождений. Инст. орган. и неорган. хим. Акад. Наук, 1937, рукопись.
- Физико-химическое изучение руд и минералов Орско-Халиловского района, 1938, рукопись.
- Рожкова Е. В. Минералогия и условия образования бобовых железо-алюминиевых руд. Тр. Конференции по генезису руд, железа, марганца и алюминия. М., Изд. Акад. Наук, 1937.
- и Соболева М. В. Минералогия и условия образования бобовых железо-алюминиевых руд. Тр. Всесоюз. инст. мин. сырья, 1936, № 111.
- и Соловьев Н. В. Опыты изучения условий образования бобовых алюминиевых руд. Тр. Всесоюз. инст. мин. сырья, 1936, № 111.
- Рудницкий И. Л. Краткий отчет о геолого-разведочных работах в Халиловском железорудном месторождении. Сб. Халиловские недра зовут. Самара, изд. Ср.-Волжск. геол.-разв. тр., 1931.
- Орско-Халиловский железорудный район. Тр. Всесоюз. геол.-разв. общ., 1933, вып. 307, 111.
- Сборник Качественная металлургия Орско-Халиловского района. Металлургиздат, 1934.
- Серебрянников П. Д. и Шиповский Д. М. Отчет по сравнительному опробованию на Халиловском месторождении комплексных железных руд. Фонды ЦНИГРИ, 1933, рукопись.
- Смирнова О. П. Строение осадочной толщи. Сб. Халиловские месторождения никелевых руд, 1932.
- Смуров А. А. 1. Химизм подземных вод Верхне-Уфалейского серпентинитового массива. Тр. ЦНИГРИ, 1938, вып. 106.
- 2. Растворимость бикарбонатов никеля, кобальта и марганца в условиях существования грунтовых вод и углекислых гидротерм. Зап. Мин. общ., 1938, 67, вып. 3.
- Соловьев Н. В. К вопросу о действии углекислой воды на алюмосиликатные горные породы. Сб. Бокситы, т. 2. ОНТИ, 1937.
- Тарасенков Д. Об определении серной кислоты в присутствии хромовой. Тр. Инст. чистых хим. реакт., 1927, вып. 6, 31—34.
- Теодорович Г. И. Литология и стратиграфия каменноугольных отложений р. Зилим и р. Каран-елги на западном склоне Южного Урала. Нефт. геол.-разв. инст., 1934, рукопись.

- Теодорович Г. И. 1. К терминологии карбонатных пород. Пробл. сов. геол., 1935, № 8.
- 2. О кремнистых образованиях верхнего палеозоя западного склона Южного Урала. Булл. Моск. общ. испыт. природы, отд. геол., 1935, № 4.
- Литологическая характеристика надрудной толщи Халиловских железорудных месторождений по работам 1936—1937 гг. Инст. геол. наук Акад. Наук, 1937, рукопись.
- Теодорович Г. И. 1. К вопросу о классификации глинисто-алеврито-песчаных пород. Пробл. сов. геол., 1938, № 8—9.
- 2. Отчет об ознакомлении с Аккермановским железорудным месторождением. Фонды Совета по изуч. произв. сил. Акад. Наук, 1938, рукопись.
- 1. Пресноводный верхний плиоцен в Орско-Халиловском районе. Сов. геол., 1939, № 4—5.
- 2. О генезисе железных руд Ново-Троицкого месторождения халиловского типа. Булл. Моск. общ. испыт. природы, отд. геол., 1939, № 2—3.
- 3. О генезисе Ново-Троицкого железорудного месторождения халиловского типа. Доклады Акад. Наук, сер. ест. и мат. наук, 1939, 24, вып. 3.
- Ульянов Д. Г. Заключение. Сб. Халиловские месторождения никелевых руд. 1932, 50.
- Грицаенко Г. С., Крутов Г. А., Петрова Е. А. и Шишулина М. Г. Месторождения силикатно-никелевых руд Орско-Халиловского района. Тр. Всесоюз. инст. мин. сырья, 1937, № 118.
- Федоров Б. М. Генезис мезозойских бокситов Среднего Урала. Тр. Конференции по генезису руд железа, марганца и алюминия. М., изд. Акад. Наук, 1937.
- Ферсман А. Е. Геохимия, т. 2. Изд. Акад. Наук, 1933.
- Геохимия, т. 4. М., изд. Акад. Наук, 1939, 79, 133.
- Геохимические и минералогические методы поисков полезных ископаемых. М., изд. Акад. Наук, 1940.
- Хабаров А. В. 1. Доурский рельеф и древняя кора выветривания в южной части Южного Урала. Изв. Гос. геогр. общ., 1935, 67, вып. 2.
- 2. Геологический очерк Халиловского района. Отчет о геологическом исследовании 1934 г. в планшете М-40-21-В детальной геологической карты Орского Урала. ЦНИГРИ, 1935, рукопись.
- О Халиловском месторождении железных руд. Путевод. XVII Междунар. геол. конгр., Урал, экск., южн. маршр. Лг.-М., ОНТИ, 1937.
- Шадлун Н. А. Рабочая схема разделения на типы Халиловских бурожелезистых руд. Сб. Халиловские недра зовут. Самара, изд. Ср.-Волжск. геол.-разв. тр., 1931.
- Швецов М. С. и Бирина Л. М. К вопросу о петрографии и происхождении окских известняков района Михайлов—Алексин. Тр. Моск. геол. тр., 1935, вып. 10.
- Шишулина М. Г. Отчет об исследовании геологического строения Аккермановского месторождения никель-кобальтовых руд. Всесоюз. научно-иссл. инст. мин. сырья, 1938, рукопись.
- Янишевский М. Э. Предварительный отчет о геологических исследованиях в Южном Урале. Прог. Общ. ест. Казанск. унив., 1904, 35, прил. № 225.
- Отчет о командировке в Мугоджарские и Губерлинские горы. Изв. Томск. технол. инст., 1905, 3, вып. 3.
- Нижнекаменноугольные известняки около пос. Хабарного Оренбургской губ. Изв. Томск. технол. инст., 1910—1911, 22, № 2.
- Яншин А. Л. О распространении триасовых отложений на Урале и возрасте уральских надвигов. Изв. Акад. Наук, отд. мат. и ест. наук, сер. геол., 1936, № 4.
- Условия залегания и генезис бокситов Южного Урала, Казахстана и Восточной Сибири. Тр. Конференции по генезису руд железа, марганца и алюминия. М., изд. Акад. Наук, 1937, 629.
- Безруков П. Л. и Фокин А. Г. Геология и полезные ископаемые мезозойских и третичных отложений Южного Урала. Тр. Научно-иссл. инст. удобр., 1934, вып. 125.
- Ash W. u. D. Die Silikate in chemischer und technischer Beziehung. Berlin, 1911.
- Bedecker. Die Zusammensetzung der natürlichen Silikate. Göttingen, 1857.
- Behrend. Bildung von Eisen und Manganerzen auf Verwitterungslagerstätten. Zs. pract. Geol., 1924, 32, 81—92, 102—108.
- Berg G. Über die Struktur und Entstehung der Lothringischen Minetteerze. Zs. Dtsch. geol. Ges., 1921, 73.
- Bildung von Magnet Eisen in oberflächennahen Lösungen. Zs. pract. Geol., 1939, H. 3, 56.
- Brauns D. Die chemische Constitution der thonerdeenthaltenden Silikate. Halle, 1874.
- Brauns R. Betrachtungen über die chemische Zusammensetzung der Mineralien der Serpentin-Chlorit und Glimmergruppe. N.-Y., 1894.
- Cayeux L. Etudes des gites minéraux de la France. Les minerais de fer colithique de France, fasc. 2. Paris, 1922, 909.
- Les roches sedimentaires de France, Roches siliceuses. Paris, 1929.

- Clarke F. W. u. Schneider F. A. Experiments upon the constitution of the natural silicates. Amer. Journ. Sci., 1890.
- Clarke F. W. The Constitution of the silikates. Bull. U. S. geo. surv., 1895, No. 125.
- Cummings W. L. a. Miller B. L. Characteristics and Origin of the Brown Iron-Ores of Camaguey and Moa. Cuba. Trans. Amer. Inst. Min. Eng., 1915, 42, 116.
- Dalmer K. Beiträge zur Kenntnis der Chloritgruppe. Cbl. Min., 1901.
- Duparc L., Molly E. et Morloz A. Sur la birbirite, une roche nouvelle. C. R. Soc. Phys. et Hist. Nat. Genève, 1927, 44, Nr. 3.
- Ebangh W. C. a. Sprague C. B. The use of sodium carbonate and zinc oxide in sulphur and arsenic determinations. Journ. Amer. Chem. Soc., 1907, 29, 1475—1476.
- Frank M. Ergebnisse neuer Untersuchungen über Facies und Bildung von Trias und Jura in Südwestdeutschland. II. Jura. Geol. Rdsch., 1937, 28, H. 8, 561.
- Gerhardt G. Über die Formel der natürlich vorkommenden Silikate. Journ. prakt. Chem., 1835.
- Grabau A. Principles of stratigraphy. N.-Y., 1913.
- Groth P. Tabellar. Übersicht der Mineralien. 1898, 132.
- Harrison J. B. The katamorphism of igneous rocks under humid tropical condition. Imp. Bureau of Soil Science. Rothamsted Experiment. Station, Britisch Guiana, 1933.
- Haushofer K. Die Konstitution der natürlichen Silikate. Braunschweig, 1874.
- Hayes C. W. The Mayari and Moa Iron-ore Deposits in Cuba. Trans. Amer. Inst. Min. Eng., 1915, 42, 109.
- Hermann R. Untersuchungen von russischen Mineralien. Journ. prakt. chem., 1847.
- Untersuchungen über die Glimmer und Cordierite, besonders über Mazonit, Chloritoid etc. Journ. prakt. Chem., 1851.
- Hunt S. Mineral Physiology and Physiography. 1885 u. 1891, 268.
- Jennings S. Cox. The iron-ore Deposits of the Moa District Oriente Province. Island of Cuba. Trans. Amer. Inst. Min. Eng., 1912, 42.
- Kegel W. Über den Diabasvulkanismus im Lahndill Gebiet. Jb. Preuss. Geol. Landesanst., 1932, 53, 936.
- Geologie der Dillmulde. Abh. Preuss. Geol. Landesanst., N. F., 1934, H. 160.
- Kemp I. F. The Mayari Iron-Ore Deposits. Cuba. Trans. Amer. Inst. Min. Eng., 1916, 51, 3.
- Klüpfel W. Beziehungen zwischen Tectonic, Sedimentation und Palaeogeographie in der Weserzerrformation in der Oxford. Zs. Dtsch. geol. Ges., A, 1926, 78.
- Knop J. Diphenylamine as Indicator in the Titration of Iron with Dichromate Solution. Journ. Amer. Chem. Soc., 1924, 46, 263—269.
- Kobell F. Über Chlorit und Ripidolith, eine neue Mineralspecies. Journ. prakt. Chem., 1839, 16.
- Kuhn Olin R. Iron-ore Deposits of Cuba. Eng. Min. Journ., 1926, 121, Nr. 15.
- Laug R., Kurtz F. Neue Ferrosalzmethode zur Bestimmung von Chrom, Vanadin und Mangan nebeneinander unter Berücksichtigung der Analyse von Stahl. Zs. anal. Chem., 1931, 86, 288—303.
- Leith C. K. a. Mead W. J. Additional Data on origin of Lateritioses of eastern Cuba. Trans. Amer. Inst. Min. Eng., 1916, 53, 75.
- Loewinson-Lessing F. Les ammonées de la zone a Sporadoceras Münsteri dans les monts Goreberlinskya Gory (gouvernement d'Orenbourg). Mém. Soc. Géol. Belg., 1892, 6.
- Über das Auftreten von Untercarbon in den Guberliskischen Bergen (Südlich Ural). Cbl. Min. Geol. Paleont., 1906.
- Orcel J. Recherches sur la composition chimique des chlorites. Bull. Soc. fr. Min., 1927, 50.
- Sandell E. B. Determination of Chromium, Vanadium and Molybdenum in Silicate Rocks. Industr. a. Eng. Chem. Anal. Edit., 1936, 28, 336—341.
- Smith G. O. a. Baylay W. The Clealum Iron Ores, Washington. Trans. Amer. Inst. Min. Eng., 1900, 30.
- Sovage W. S. Solution, transportation and precipitation of Manganese. Econ. Geol., 1936, 31, 278.
- Spencer A. C. Occurrence, origin and Character of the Superficial iron-ores of Camaguey and oriente Provinces Cuba. Trans. Amer. Inst. Min. Eng., 1915, 42, 103.
- Three Deposits of Iron ore in Cuba. U. S. Geol. Surv. Bull., 1907, Part. I, 340.
- Spiroff K. Magnetite Crystals from meteoric solutions. Econ. Geol., 1938, 33, 818.
- Tabary P. Magnetite (aimant) dans la limonite de Mont-Saint Martin. Ann. Soc. Geol. Belg., 1893—1894, 21, 61—63.
- Tschermak G. Die Chloritgruppe. Sitz. Ber. Wien. Akad. Wiss. Math. Nat. Cl., Abt. I, 1891.
- Vernadsky W. Quelques considérations sur l'étude chimique des alumosilicates. Zs. Krist., A., 1933, 84, H. 5/6, 370.
- Weld C. M. The residual Brown Iron-ores of Cuba. Trans. Amer. Inst. Min. Eng., 1910, 40, 299.
- Van Wervecke. Magneteisen in Minetten. Zs. prakt. Geol., 1895, 49.
- Wiik F. J. Über eine kristallochemische Theorie der Silikate. Zs. Kryst., 1894, 23.
- Winchell A. Additional notes on chlorite. Amer. min., 1928, 13, 5.
- Zapffe C. Deposition of Manganese. Econ. Geol., 1931, 26, 799.

## СОДЕРЖАНИЕ

От редакции . . . . .	3
<b>I. Общая характеристика Халиловских месторождений. Б. П. Кротов . . . . .</b>	<b>5</b>
Введение . . . . .	—
Понятие о халиловском типе железорудных месторождений . . . . .	6
История изучения Халиловских железорудных месторождений . . . . .	11
Геологическое строение и геологическая история Орско-Халиловского района . . . . .	21
Генезис Халиловских железорудных месторождений . . . . .	25
Заключение . . . . .	82
<b>II. Описание отдельных месторождений . . . . .</b>	<b>85</b>
<b>Закономерности распределения Халиловских железорудных месторождений в Орско-Халиловском районе. Б. П. Кротов . . . . .</b>	<b>—</b>
<b>1. Ново-Петропавловское месторождение. В. Е. Яганова . . . . .</b>	<b>90</b>
Введение . . . . .	—
Местоположение и орогидрография . . . . .	—
Краткий геологический очерк района месторождения . . . . .	—
Форма и условия залегания рудного тела . . . . .	99
Строение рудного тела . . . . .	104
Минералогический состав руд . . . . .	105
Типы руд . . . . .	111
Промышленная характеристика руд . . . . .	119
Распределение примесей в рудном теле . . . . .	123
<b>2. Георгиевское месторождение. А. Л. Яницкий . . . . .</b>	<b>124</b>
Местоположение и орогидрография . . . . .	—
Краткий геологический очерк . . . . .	126
Форма и условия залегания рудного тела . . . . .	131
Строение рудного тела и типы руд по составу и строению . . . . .	134
Минералогический состав руд . . . . .	139
Химический состав железных руд . . . . .	145
Описание рудной площади . . . . .	151
Промышленные типы и запасы руд . . . . .	153
<b>3. Ново-Киевское месторождение. М. И. Калганов и С. Д. Левина . . . . .</b>	<b>156</b>
Введение . . . . .	—
Орогидрографические сведения . . . . .	157
Геологическое строение района месторождения . . . . .	158
Форма и условия залегания рудных тел . . . . .	171
Строение рудной толщи . . . . .	179
Минералогический состав руд . . . . .	183
Типы руд и их химический состав . . . . .	201
Распределение отдельных элементов в рудной толще . . . . .	214
Промышленная характеристика руд и их запасы . . . . .	222
<b>4. Промежуточное месторождение. М. И. Калганов . . . . .</b>	<b>228</b>
Введение . . . . .	—
Орогидрографические сведения по району месторождения . . . . .	229
Геологическое строение района месторождения . . . . .	—
Форма и условия залегания рудного тела . . . . .	234
Строение рудной толщи . . . . .	236
Минералогический состав руд . . . . .	240
Типы руд и их химический состав . . . . .	246
Распределение отдельных элементов в рудной толще . . . . .	253
Промышленная характеристика руд и их запасы . . . . .	254
<b>5. Мало-Халиловское месторождение. М. И. Калганов . . . . .</b>	<b>256</b>
Введение . . . . .	—
Орогидрографические сведения . . . . .	257
	<b>479</b>

Геологическое строение района месторождения . . . . .	258
Форма и размеры рудных тел . . . . .	263
Строение рудной толщи . . . . .	265
Минералогический состав руд . . . . .	266
Типы руд по минералогическому составу и строению и их химический состав . . . . .	282
Распределение элементов в рудном теле . . . . .	293
Промышленная характеристика руд и их запасы . . . . .	297
<b>6. Орловское месторождение. А. Л. Яницкий . . . . .</b>	<b>300</b>
Введение . . . . .	-
Орогидрография района . . . . .	301
Геологическое строение района месторождения . . . . .	-
Форма и условия залегания рудного тела . . . . .	305
Строение рудного тела . . . . .	312
Минералогический состав руд . . . . .	313
Типы руд по минералогическому составу и строению и их химическая характеристика . . . . .	337
Промышленные типы руд и их качественная характеристика . . . . .	355
<b>7. Аккермановское месторождение. Г. И. Теодорович, А. Л. Яницкий и В. Е. Яганова . . . . .</b>	<b>358</b>
Орогидрография района . . . . .	-
Стратиграфия и литология района . . . . .	359
Форма и условия залегания рудного тела . . . . .	373
Строение рудного тела . . . . .	378
Минералогический состав руд . . . . .	-
Типы руд по минералогическому составу и строению и их химическая характеристика . . . . .	389
Промышленные типы и запасы руд . . . . .	396
Распределение отдельных химических компонентов в рудной толще . . . . .	398
<b>III. Покрывающие юрские отложения района Халиловских железорудных месторождений. Г. И. Теодорович . . . . .</b>	<b>403</b>
Хайбуллинская свита Орловского месторождения . . . . .	404
Юра Ново-Киевского месторождения . . . . .	414
Юрские отложения Георгиевского месторождения . . . . .	430
Зирен-агачская свита Орловского месторождения . . . . .	432
Заключения . . . . .	436
<b>IV. Основные технические требования к халиловским хромо-никелевым железным рудам и вопросы их технологического использования. Я. И. Долицкий, В. В. Кондаков и Ю. Р. Тишбейн . . . . .</b>	<b>439</b>
Металлургические свойства руд и технические требования к ним . . . . .	-
Оптимальные пути технологического использования железных руд Халиловских месторождений при производстве чугуна и стали . . . . .	444
Получение алюмо-силикатного цемента при доменной плавке халиловских руд . . . . .	448
<b>V. Химический анализ Халиловских железных руд. Н. В. Лазарев . . . . .</b>	<b>459</b>
Общий ход анализа . . . . .	-
Анализ с применением электролиза со ртутным катодом . . . . .	464
Определение отдельных компонентов . . . . .	467
Литература . . . . .	474

ИВ. № 14598

799.02

ДАТА 1946

ОБЩЕСТВЕННАЯ  
 БИБЛИОТЕКА  
 АРБАТСКАЯ ПЛОЩАДЬ