

А К А Д Е М И Я   Н А У К   С С С Р

---

ТРУДЫ КОМИССИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ  
ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА

XIV

**ЛЁССЫ  
СЕВЕРНОГО КИТАЯ**



---

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

МОСКВА 1959

А К А Д Е М И Я    Н А У К    С С С Р

---

ТРУДЫ КОМИССИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ  
ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА

XIV

ЛЁССЫ  
СЕВЕРНОГО КИТАЯ



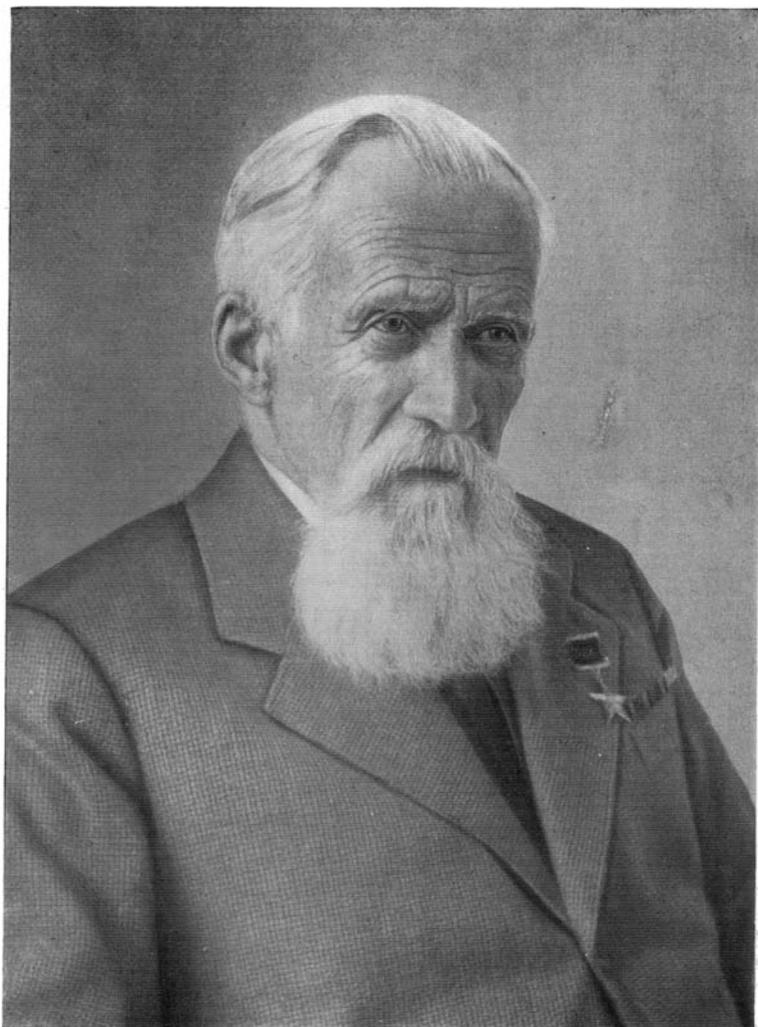
---

ИЗДАТЕЛЬСТВО АКАДЕМИИ НАУК СССР

МОСКВА. 1959

Ответственный редактор  
В. В. ПОПОВ

*Настоящий сборник посвящается памяти академика В. А. Обручева, много сделавшего для выяснения условий образования лёссов и написавшего о лёссах, в том числе о лёссах Северного Китая, ряд интереснейших работ*



ВЛАДИМИР АФАНАСЬЕВИЧ ОБРУЧЕВ  
(1863 — 1956)

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Китайская Народная Республика является страной классического развития лёссов. Здесь, в 1887 г. зародились идеи известного немецкого исследователя Ф. Рихтгофена о накоплении лёссов Северного Китая эоловым путем с последующим сносом пыли водой в обширные впадины. Так возникла гипотеза пролювиально-эолового генезиса лёссов. Академик В. А. Обручев во время своей экспедиции 1892—1894 гг. в Северный Китай пришел к выводу об эоловом происхождении лёсса и заложил основы блестяще развитой им в ряде работ оригинальной теории.

Вопрос о происхождении китайских лёссов, а также лёссов среднеазиатских, европейских, северо-американских и других областей до сих пор не потерял своей остроты и по-прежнему привлекает внимание многих исследователей. Идеи Рихтгофена, Обручева и многих других русских, китайских, немецких, французских, американских ученых об эоловом происхождении лёссов поддерживаются многими. Но в то же время, большой фактический материал свидетельствует о сложном полигенетическом характере лёссов и о значительной роли временных водных потоков в процессе их накопления. Подтвердились идеи академика А. П. Павлова, высказанные им в 1903 г. о пролювиальном, а также делювиальном происхождении лёссов, о накоплении лёссов при участии талых ледниковых и речных вод (пойменный аллювий). Выявилось большое значение процессов диагенетического преобразования эолового и различного водного мелкозема, как своеобразного процесса гипергенеза, представляющего особый вид почвенно-элювиального видоизменения мелкозема в условиях сухого климата в приледниковых степях и по окраинам пустынь. Преобразование мелкозема в пылеватые карбонатные, однородные по своей структуре и текстуре образования, с высокой общей пористостью и макропористостью, совершалось как в процессе накопления мелкозема (ранний диагенез, по Н. М. Страхову), так и после его отложения (эпигенез).

В настоящем сборнике помещена статья А. Х. Иванова, посвященная жизни и деятельности В. А. Обручева. Среди многообразных видов творчества этого выдающегося ученого огромную роль играли исследования условий образования лёссов и изучение процессов их накопления. Как известно, В. А. Обручев всю свою жизнь настойчиво отстаивал эоловую теорию происхождения лёссов. В эоловом генезисе лёссов В. А. Обручева

убедили его исследования в Средней Азии 1886—1888 гг. и в особенности в Центральной Азии 1892—1894 гг., когда Владимир Афанасьевич проделал гигантский маршрут от Кяхты до Кульджи, общей протяженностью в 13 625 км.

В. А. Обручев, являвшийся инициатором составления подобного сборника, выражал желание, чтобы в него была включена его статья «Лёсс Северного Китая». Несмотря на то, что эта работа была опубликована ранее<sup>1</sup>, желание покойного Владимира Афанасьевича осуществлено и она включена в настоящий сборник в несколько сокращенном виде. Работа «Лёсс Северного Китая» представляет большой научный интерес и помогает выяснению условий образования китайских лёссов и лёссов других стран. Написанная много лет назад она далеко не потеряла своего научного значения и является ярким образцом творчества В. А. Обручева, в котором соединены блестящая эрудиция и широта охвата проблемы, с тщательным изучением и анализом мельчайших деталей процессов лёссообразования.

В последние годы многие советские ученые по приглашению правительства КНР находились в Китае и занимались совместно с китайскими учеными изучением лёссов. В недавно опубликованной статье акад. И. П. Герасимова о лёссах Ордоса были высказаны интересные мысли о водном их накоплении. Акад. И. П. Герасимов не мог не говорить о важной роли эолового приноса мелкозема из пустынь, подвергающегося затем переотложению водным путем в условиях поднятий Ордоса в антропогене.

В помещаемой в настоящем сборнике статье проф. В. Н. Павлинова «Некоторые данные о генезисе китайских лёссов» излагаются новые сведения о лёссах Китая, полученные автором во время пребывания в КНР в 1954—1956 гг. В. Н. Павлинов повторил главные маршруты В. А. Обручева, побывав в бассейнах рек Хуанхэ и Янцзы и на Лёссовом плато. Главная масса лёссовых толщ Китая, по В. Н. Павлинову, имеет водное происхождение: пролювиальное, делювиальное и отчасти аллювиальное, при некотором участии эоловой пыли. Роль эолового фактора автором статьи явно преуменьшена, в то время как В. А. Обручевым, не отрицавшим в формировании лёссов и участия атмосферных осадков, и почвенного преобразования эоловой пыли, эоловый фактор считался ведущим и эоловый генезис лёссов основным. Однако взгляды В. Н. Павлинова не опровергают представлений В. А. Обручева, если учесть, что их подход к определению понятия «лёсс» был различным. У В. А. Обручева лёсс — только эоловый, подвергавшийся почвенному преобразованию мелкозем, а все водные лёссового облика породы уже не лёссы, а лёссовидные породы. В. Н. Павлинов расширяет понятие «лёсс» и относит к нему «пролювиальные», «делювиальные» и «аллювиальные» образования, подобно тому как Г. А. Мавлянов подошел к лёссам Ферганской долины, Таджикской

<sup>1</sup> В. А. Обручев. Лёсс Северного Китая. Избранные работы по географии Азии, т. III. М., Гос. изд. геогр. лит., 1951.

депрессии и других районов Средней Азии. Среди этих лёссов Г. А. Мавлянов выделил и типичные в «чистом виде» эоловые лёссы, причем роль эолового приноса пыли, по мнению этого автора, гораздо более значительна, чем это считает В. Н. Павлинов. В последнее время очень многими исследователями лёссы рассматриваются более широко, именно как своеобразные полигенетические образования.

В статье А. С. Кесь «К вопросу о происхождении лёссов Северного Китая» выделяется «лёссовая толща», объединяющая целый комплекс пород лёссового облика в Северной части Китайской Народной Республики. Мелкоземистые осадки, образующие, лёссовую толщу, имеют, по мнению А. С. Кесь, в основном эоловое происхождение. Таким образом, в этой статье мы имеем прямое развитие идей В. А. Обручева.

В статье китайского геолога Чжан Цзун-ху «О генезисе и процессе образования лёссов района Лундун в Северо-Западном Китае» излагаются новые данные по литолого-стратиграфической их характеристике. Вся толща лёссов разделена на четыре возрастных яруса, из которых древнейший относится к неогену (вероятнее всего к плиоцену) и нижнему отделу четвертичной системы, что примерно соответствует эоплейстоцену новой схемы антропогена В. И. Громова. Автор приводит данные о гранулометрическом и петрографическом составах лёссов и погребенных почв, которых он насчитывает до семи в различных районах Северного Китая. Этим почвам он придает стратиграфическое значение. Излагаются очень интересные сведения об эволюции рельефа района Лундун за четвертичный период. В своем заключении автор делает вывод о полигенетическом характере лёссов Северного Китая. Он отмечает также эоловые лёссы, которые, не являясь господствующими, несомненно существуют в КНР.

В статье Ян Цзе «Генезис лёссовых отложений Северного Китая» дается критика представлений о «лёссе Рихтгофена» как однородной толще отложений. Автор убедительно показывает, что «лёсс Рихтгофена» в наиболее молодых своих частях (голоцен) представляет аллювиальные отложения (сюда входит и «вторичный лёсс Андерсона»). Более древними по возрасту являются собственно лёссы (плейстоценовые), а еще более древними — речные и озерные красноватые суглинки верхнего плиоцена — нижнего плейстоцена. Самыми древними из «лёссовых» отложений Северного Китая являются красные глины нижнего плиоцена. Автор подробно рассматривает стратиграфию и геоморфологическое положение развитых здесь лёссов и их фациальные переходы вниз по течению рек в песчаные отложения, а последних — в галечники. Автор считает, что эти лёссы представляют в главной своей массе речные и озерные материковые фации четвертичных осадков. Он подчеркивает, что его выводы являются предварительными и указывает на необходимость продолжать обсуждение рассматриваемого вопроса.

Наконец, последняя небольшая статья Ян Чжун-цзяна и Сунь Ай-линя «Новые находки ископаемых страусов в Китае и их стратиграфиче-

ское значение» посвящена описанию местонахождений ископаемых страусов (плейстоценового страуса Андерсона, среднеплиоценового страуса Монголии и нижнеплиоценового страуса Вимана).

Расцвет существования страусов относится к периоду отложения лёсса и предшествующему ему периоду отложения красноземов. Типичный эоловый лёсс, по мнению авторов, образовался в условиях сухого климата и сильных ветров, перевеявших пески пустынь и разносивших пыль.

Авторы последней статьи, таким образом, примыкают к мнению В. А. Обручева об эоловом происхождении лёссов Северного Китая.

Из содержания всех статей Сборника вытекает неизбежный вывод о том, что лёссы, развитые всеверных частях КНР, так же, как и лёссы многих других территорий, представляют полигенетические образования, типичные для антропогена. Несомненна большая роль эоловых процессов в накоплении лёссовых толщ, но также несомненна и важная роль водного переноса мелкозема, превращавшегося в лёсс при участии сложных почвенно-элювиальных процессов.

Редакция, выпуская настоящий сборник, считает, что в нем положено начало чрезвычайно полезному совместному обсуждению вопроса о генезисе лёссов советскими и китайскими учеными.

*В. В. Попов*

---

А. Х. ИВАНОВ

**ВЛАДИМИР АФАНАСЬЕВИЧ ОБРУЧЕВ**

(Краткий очерк жизни и деятельности)

Выдающийся советский ученый, Герой Социалистического Труда, заслуженный деятель науки академик Владимир Афанасьевич Обручев был всемирноизвестным геологом и географом, знаменитым путешественником и исследователем Сибири и Центральной Азии, замечательным педагогом, писателем и общественным деятелем, горячим патриотом своей Родины.

Свою плодотворную деятельность Владимир Афанасьевич Обручев начал в 23-летнем возрасте, с середины восьмидесятых годов прошлого столетия, и с тех пор с неослабной энергией трудился в течение 70 лет, до самых последних дней своей жизни.

Деятельность Владимира Афанасьевича Обручева была разносторонней и многообразной. Работая всю жизнь в области геологических и географических наук, он проявил себя как неутомимый исследователь отдаленных районов Сибири и мало известных в его время внутренних частей Азиатского материка — Центральной Азии, как крупный специалист в различных вопросах теоретической геологии. Он был авторитетным деятелем в области прикладной геологии (горный инженер-практик); организатором и руководителем многих научных учреждений, институтов, комиссий, ученых обществ и т. п., замечательным педагогом, воспитавшим целые поколения геологов и создавшим «сибирскую» школу геологов, популяризатором геологических, географических и вообще научных знаний среди широких слоев населения, писателем — автором целого ряда научно-фантастических и научно-приключенческих романов, повестей и рассказов, имеющих большое воспитательное значение для юношества, общественным деятелем и ученым, активно поддерживавшим личным контактом или перепиской связь с геологами и географами нашей страны.

Владимир Афанасьевич был великим тружеником науки. Его долгая жизнь — это настоящий трудовой подвиг в научной области. Сделанный им вклад в геологическую и географическую науки поистине грандиозен и может быть сравним с результатом деятельности лишь некоторых ученых мирового масштаба в области геологии и географии. Его перу принадлежит свыше 1000 научных монографий, книг, статей и очерков по различным вопросам геологии и географии, а также книг, брошюр и статей научно-популярного характера и тысячи рефератов и рецензий, опубликованных во многих журналах; общий объем всех его научных работ составляет около 2000 печатных листов.

В. А. Обручев родился 10 октября 1863 г. в с. Клепенино Калининской области (б. Тверской губ.) в семье пехотного офицера. Уже с детских лет у него проявился большой интерес к географии и естествознанию, он

мечтал стать путешественником и исследователем далеких и неизвестных стран.

В 1881 г. В. А. Обручев окончил Виленское реальное училище и поступил в Горный институт в Петербурге. Здесь он познакомился с крупным исследователем Туркестана — проф. И. В. Мушкетовым, под влиянием которого твердо и окончательно определилось его призвание к геологии и географии.

По окончании Горного института (1886 г.) молодой горный инженер В. А. Обручев, по рекомендации своего учителя И. В. Мушкетова, был направлен в Среднюю Азию для проведения геологических изысканий в связи со строительством Закаспийской железной дороги. На этих работах он был занят в течение трех лет, с 1886 по 1888 г. Изысканиями была охвачена обширная территория, от Кызыл-Арвата до Самарканда и от Узоя до границы Афганистана. Молодой ученый блестяще справился с поставленными задачами. В представленных им отчетах, вскоре опубликованных в виде трех статей и одной крупной монографии, он показал себя тонким и вдумчивым наблюдателем природы, умеющим глубоко анализировать и великолепно обобщать результаты своих наблюдений. За эти работы он был удостоен награды Серебряной (1889 г.) и Малой золотой (1890 г.) медалями Русского географического общества и сразу приобрел широкую известность среди геологов и географов России. Его выводы о происхождении Узоя и песков Каракум были подтверждены исследованиями в советское время, особенно в последние годы.

После работ в Закаспийской области В. А. Обручев уехал в Сибирь (Иркутск) в связи с назначением его на должность штатного геолога при Горном управлении. Здесь он в качестве первого и единственного на всю необъятную Сибирь геолога государственной службы начал изучать ее геологию. В 1888—1892 гг. В. А. Обручев проводил исследования геологического строения Прибайкалья, древнепалеозойских отложений долины р. Лены и золотоносных россыпей Олекминско-Витимской горной страны, а также изучал месторождение бурых углей на р. Оке; в этих районах он впервые познакомился с явлениями вечной мерзлоты. Одновременно В. А. Обручев принимал участие в деятельности Восточно-Сибирского отделения Русского географического общества, создал в нем Геологическую часть и привел в порядок геологический музей.

В период 1892—1894 гг. сбылась заветная мечта В. А. Обручева о путешествии в Центральную Азию. В течение двух с лишним лет он участвовал, по рекомендации И. В. Мушкетова, в качестве геолога в экспедиции Г. Н. Потанина в Монголию и Китай. В этой экспедиции В. А. Обручев с помощью лишь проводника и переводчика, при наличии местных, преимущественно вьючных транспортных средств, выполнил совершенно самостоятельно гигантский маршрут от Кяхты до Кульджи общей протяженностью 13 625 км, по которому пересек мало или совершенно не исследованные страны Внутренней Азии и Китая — Восточную и Центральную Монголию, Северный Китай, Ордос и Алашань, Циньлиншань, Наньшань и район озера Кукунор, Бейшань и Восточный Тянь-Шань. Научные результаты экспедиции были исключительно велики и выразились в маршрутной глазмерной съемке на 9430 км пути, в исправлении имевшихся к тому времени карт на 1840 км маршрута, в сборе коллекции в 7000 образцов горных пород и палеонтологических остатков, в систематическом описании геологических и географических наблюдений по всему маршруту. Этот материал, изданный в виде двух больших томов дневников, послужил основой для написания Обручевым в дальнейшем пяти больших монографий. Материалы этой экспедиции коренным образом

изменили существовавшие до того времени взгляды на геологическое строение Гоби. Благодаря находке зуба третичного носорога, Обручев установил, что гобийские отложения являются континентальными, а не морскими, как полагал Рихтгофен; равным образом он опроверг мнение Рихтгофена о происхождении отложений лёсса в Гоби и доказал перенос лёсса и песков из пустынь на их периферию; он существенно дополнил золотую теорию происхождения лёсса, предложенную Рихтгофеном, и защищал эту теорию всю жизнь.

По окончании Центрально-Азиатской экспедиции В. А. Обручев возвратился в Иркутск на прежнюю должность геолога Горного управления. Здесь он в течение четырех лет руководил геологическими исследованиями в Забайкалье в связи со строительством Сибирской железнодорожной магистрали и сам лично изучил геологическое строение Селенгинской Даурии (Западное Забайкалье). В результате этих работ он собрал большой фактический материал по географии, геологии и полезным ископаемым этой страны, впоследствии сведенный в виде окончательного отчета, за что был удостоен Премии имени Г. П. Гельмерсена Российской Академии наук.

В 1898 г., после окончания исследований в Забайкалье, В. А. Обручев переехал в Петербург, где до весны 1901 г. занимался в основном обработкой забайкальских и китайских материалов. Здесь им был составлен полный отчет о полевых наблюдениях в Центральной Азии, Наньшане и Северном Китае, изданный в двух томах в 1900 и 1901 г. (объемом в 1350 страниц, *in octavo*) и удостоенный большой Константиновской медали Русского географического общества. От того же общества им получена за работы по Центральной Азии Премия имени Н. М. Пржевальского, а Парижская Академия наук дважды (1898 и 1925 г.) присуждала ему Премию имени П. А. Чихачева. В течение этого времени В. А. Обручев три раза был в научных командировках в страны Западной Европы, в том числе в Берлине на VII Международном Географическом конгрессе в 1899 г. и в Париже на VIII Международном Геологическом конгрессе в 1900 г. Во время этих командировок он два раза посетил знаменитого венского геолога Зюсса, с которым обсуждал вопросы строения Азиатского материка, и побывал в Берлине у Рихтгофена — своего предшественника по исследованию Китая и автора первого варианта гипотезы золотого происхождения китайского лёсса. В 1901 г. он вновь изучал Ленский золотосносный район.

В период 1901—1912 гг. В. А. Обручев был профессором Томского технологического института. Одиннадцать лет он занимался педагогической деятельностью во вновь открытом Горном отделении института, читал лекции по физической геологии, петрографии, полевой геологии и рудным месторождениям, руководя дипломными работами и практикой студентов и исполняя также обязанности декана отделения и, временами, директора института. Таким образом, он создал первую горную школу в Сибири — школу сибирских геологов.

Несмотря на большую занятость, В. А. Обручев летом 1901 г. выполнил геологическую съемку бассейна р. Бодайбо с его наиболее богатыми во всем Ленском золотосносном районе приисками. В летние сезоны 1905, 1906 и 1909 гг. им были осуществлены три экспедиции в Пограничную Джунгарию — страну, остававшуюся почти неисследованной и представлявшую большой интерес, вследствие ее промежуточного положения между горными системами Алтая и Тянь-Шаня.

Джунгарские экспедиции дали обильные материалы по географии, геологии и полезным ископаемым исследованной страны, опубликованные

в виде предварительных отчетов и дневников, а затем, в окончательной форме, в виде четырех крупных работ монографического характера. Кроме того, В. А. Обручев провел геологическое изучение окрестностей г. Красноярска по Енисею в 1908 г., а также геологическую экспертизу и осмотр некоторых золотоносных рудников в Кузнецком Алатау в 1909—1910 гг. и в Калбинском хребте в 1911 г.

В 1912 г. педагогическая деятельность В. А. Обручева в Томском технологическом институте прекратилась вследствие того, что он после так называемой «сенатской ревизии» вынужден был, по требованию реакционного министра народного просвещения Кассо, подать в отставку и уйти из института. В. А. Обручев переехал в Москву, и здесь в период с 1912 по осень 1918 г. занимался главным образом подведением итогов своих прежних полевых исследований. За этот период он успел сделать ряд геологических экскурсий и поездок: в 1912 г. в Кузнецкий Алатау на золотые рудники, в 1914 г. на Алтай для изучения тектоники, в 1915 г. на Кавказ для осмотра медных месторождений, в 1916 и 1917 гг. в Крым для изучения минерального источника, носящего теперь его имя, в 1918 г. в Донбасс для поисков и разведок цементного сырья, трепела и огнеупорных глин. Исследования на Алтае привели В. А. Обручева к новому представлению о геологическом строении этой страны, принятому потом всеми геологами, окончательно убедили его в важной роли дизъюнктивных нарушений (разломов) в формировании современного рельефа горных областей Сибири, а также подтвердили высказанное им ранее мнение о широком развитии четвертичного оледенения в пределах Сибири.

В период с 1919 по 1921 г. В. А. Обручев занимал кафедру геологии в Таврическом университете в Симферополе, где читал лекции по физической и исторической геологии.

В период с 1922 по 1929 г. В. А. Обручев состоял профессором Московской горной академии. Начиная с 1926 г., он принимал также деятельное участие в качестве научного консультанта в предприятиях золотодобывающей промышленности. В это время им была написана первая сводка по геологии Сибири, удостоенная в 1926 г. Премии имени Ленина, и опубликована целая серия статей по различным вопросам геологии Сибири. Кроме того, В. А. Обручев совершил в 1926 г. поездку на Кавказ для изучения и экспертизы Садонского серебро-свинцового месторождения, а в 1928 г. принимал участие в Геологическом съезде в Ташкенте, где сделал доклад о лёссе Китая.

В 1929 г. В. А. Обручев был избран действительным членом Академии наук Союза ССР и переехал в Ленинград. В 1935 г. в связи с переездом Академии наук в Москву, В. А. Обручев снова возвратился в этот город, в котором и работал до конца своей жизни.

В. А. Обручев был избран академиком, когда ему уже исполнилось 66 лет, тем не менее он был полон сил и энергии. И нужно сказать, за последние 27 лет своей жизни В. А. Обручев проделал поистине гигантский труд. Основным его занятием в этот период было составление фундаментальных сводных обзоров по геологии и истории геологического исследования Сибири, а также по географии и геологии исследованных им районов Внутренней Азии.

В. А. Обручев был избран в 1929 г. директором Геологического института АН СССР. В этой должности он пребывал в течение трех лет, творчески развивая и направляя научную деятельность молодого академического института.

В 1930 г. при АН СССР была создана Комиссия по изучению вечной мерзлоты, председателем которой был назначен академик В. А. Обручев.

Эта комиссия была преобразована в Комитет, а затем в 1939 г. — в Институт мерзлотоведения, которому было присвоено имя его организатора — В. А. Обручева.

В 1932 г. В. А. Обручев принимал участие в конгрессе Международной ассоциации по изучению четвертичного периода, где сделал доклад о проблеме лёсса и участвовал в экскурсиях.

В 1936 г. в возрасте 73 лет В. А. Обручев совершил поездку на Алтай в качестве руководителя Ойротской комплексной экспедиции АН СССР.

Долгое время, с 1940 до 1954 г., В. А. Обручев был ответственным редактором журнала «Известия АН СССР, серия геологическая».

В период с 1942 по 1946 г. В. А. Обручев нес обязанности академика-секретаря Отделения геолого-географических наук АН СССР. В эти же годы он был избран председателем Монгольской комиссии, председателем Комиссии по изучению четвертичного периода и председателем Комиссии по тектонике, которыми руководил в течение многих лет.

В годы Великой Отечественной войны В. А. Обручев, находясь в эвакуации сначала в Свердловске, а затем в Алма-Ате, активно участвовал в работе Комиссии по мобилизации на нужды обороны ресурсов Урала, Западной Сибири и Казахстана. Даже в трудных условиях жизни в период эвакуации (1941—1943 гг.) он опубликовал 32 научные работы и статьи.

С середины 1953 до 1 января 1956 г. В. А. Обручев руководил тематической группой по изучению геологии зарубежных стран, а с 1 января того же года до последних дней своей жизни заведывал аналогичным отделом Геологического института АН СССР.

Научно-литературная деятельность В. А. Обручева в этот заключительный период его жизни отражена в огромном объеме выполненных им работ.

За время своего пребывания в Ленинграде с 1929 по 1935 г. он закончил составление, подготовил к печати и издал первую монографическую сводку по Джунгарии, а также первые три тома большого труда «История геологического исследования Сибири», задуманного и начатого еще в Иркутске в 1889 г. В течение этого же периода вышло в свет в двух изданиях его двухтомное руководство по рудным месторождениям и в трех изданиях — двухтомное руководство по полевой геологии. Кроме того, им были составлены и опубликованы очерк о металлогенических эпохах и областях Сибири на русском и немецком языках, большая сводка о признаках ледникового периода в Сибири и Центральной Азии, ряд статей по вопросам тектоники и по проблеме лёсса, научно-популярные статьи, книга о путешествии по Китаю и Центральной Азии и несколько научно-фантастических романов для юношества.

В 1935—1940 гг. В. А. Обручев издал вторую сводную работу по Джунгарии, содержащую геологическое описание этой страны, опубликовал большое трехтомное сочинение «Геология Сибири», удостоенное Сталинской премии, выпустил в свет том IV и продолжал составление тома V «Истории геологического исследования Сибири», начал обработку материалов по Центральной Азии, первая сводка по которым была издана в 1947 г. Все девять выпусков тома V «Истории геологического исследования Сибири» были опубликованы за время с 1944 по 1949 г., а в 1950 г. удостоены Сталинской премии первой степени.

За последнее десятилетие своей жизни В. А. Обручев составил вторую и третью сводные работы по своим центрально-азиатским материалам — геологическое описание Восточной Монголии и географический очерк (с обзором литературы) хр. Наньшань.

Как видно из изложенного, намечается семь научных проблем, которыми занимался В. А. Обручев, в течение своей долгой жизни:

1. Региональная геология и география Сибири, Средней и Центральной Азии;
2. История геологических и географических исследований тех же стран;
3. «Древнее темя Азии» и докембрий Сибири;
4. Тектоника вообще и Сибири в частности и проблема молодых движений (неотектоника);
5. Учение о рудных месторождениях и геология месторождений золота Сибири вообще и Ленского района в частности;
6. Четвертичное оледенение (гляциология) и вечная мерзлота (мерзловедение) Сибири;
7. Происхождение лёсса и материковых (пустынных) песков Азии.

В то время, когда В. А. Обручев только начинал научную деятельность, необъятные пространства Сибири, Средней и особенно Центральной Азии оставались в геологическом и даже географическом отношении мало или совсем неисследованными.

Примерно за двадцатипятилетний период В. А. Обручев осуществил огромную программу исследований в Закаспийской области, на Алтае и в Западной Сибири, в Западном Забайкалье и в Прибайкалье, в Ленском районе Олекминско-Витимской горной страны, в Пограничной Джунгарии, в Центральной и Восточной Монголии, в Северном Китае, в Ордосе и Алашане, Циньлиншане, Наньшане, в Бейшане и Восточном Тянь-Шане.

Завершающим творением регионально-геологических исследований В. А. Обручева по Сибири являются его две замечательные сводки по геологии этой страны — однотомная — более ранняя, изданная в 1926 г., и трехтомная — более поздняя, представляющая фундаментальный научный труд, вышедший в свет в период 1935—1938 гг.

В результате упорного и систематического труда многих и многих лет В. А. Обручевым был создан поистине грандиозный, пятитомный (в 13 выпусках) труд, общим объемом в 173 печатных листа, по истории геологического исследования Сибири, охватывающий все время, начиная с эпохи Петра I и учитывающий около 12 тыс. больших и малых сочинений. Этот труд вместе с его трехтомным сочинением по геологии Сибири в настоящее время является настольной книгой — справочником для сибирских геологов.

В порядке разработки той же проблемы истории геолого-географических исследований стран Азии В. А. Обручев много внимания уделял вопросу об участии в этих исследованиях выдающихся ученых и путешественников — его предшественников или современников, таких как И. В. Мушкетов, Н. М. Пржевальский, Г. Н. Потанин, П. А. Кропоткин, М. В. Певцов, П. К. Козлов, В. И. Роборовский, Д. А. Клеменец, И. Д. Черский, В. Л. Комаров и другие. Жизнеописанию этих ученых и их исследованиям стран Азии В. А. Обручев посвятил ряд сочинений и много статей.

Концепция «Древнего темя Азии» была создана в 1901 г. Э. Зюссом на основании имевшихся к тому времени по Восточной Сибири геологических материалов, в частности П. А. Кропоткина, И. Д. Черского и новейших — В. А. Обручева.

В настоящее время, после тех исследований, которые уже проведены на территории Сибири, взгляды Э. Зюсса и В. А. Обручева на историю развития материка Азии нельзя признать вполне правильными. Тем не

мене, концепция о древнем темени Азии и в настоящее время еще не утратила своего значения в том смысле, что эта область Азиатского материка, обладая высокой степенью тектонической подвижности, в ходе геологической истории с древнейших времен имела тенденцию к восходящим движениям и в период морских трансгрессий нередко представляла сушу.

Проблема тектоники вообще и Сибири в частности глубоко интересовала В. А. Обручева, и он разрабатывал ее в двух направлениях — региональной тектоники и тектоники теоретической.

Разработанная и опубликованная им в ряде сочинений схема тектоники Сибири и по настоящее время представляет замечательное обобщение по региональной тектонике этой значительной части материка Азии. Такое же научное значение имеют его работы по региональной тектонике отдельных районов Сибири и Внутренней Азии.

Но наибольший научный интерес представляют работы В. А. Обручева, относящиеся к проблеме региональных дизъюнктивных нарушений. Почти столетия назад В. А. Обручев установил чрезвычайно важную роль разломов в региональной структуре районов Сибири и Внутренней Азии.

Исследуя район Байкала и Западного Забайкалья еще в конце прошлого столетия, Пограничную Джунгарию в период 1905—1909 гг. и Алтай в 1915 г., В. А. Обручев установил там множество крупных разломов и доказал их большую роль в региональной структуре этих областей в том смысле, что они разбивают их сложные складчатые комплексы на отдельные глыбы, причем эти глыбы в ряде случаев имеют раннее возникновение и длительное развитие. Впоследствии В. А. Обручев убедился, что упомянутым глыбам были свойственны движения по разделяющим их разломам в совсем недавнее, четвертичное время и что современный рельеф горных областей Сибири и Внутренней Азии является результатом этих юных глыбовых движений.

На основании этих фактов и наблюдений В. А. Обручев ввел в тектонику понятие складчато-глыбовых гор и в последние годы своей жизни развил учение о новейшей тектонике, которое он предложил назвать «неотектоникой».

В области теоретической геологии В. А. Обручев развивал идеи ранее разработанной, при значительном участии акад. М. А. Усова, пульсационной гипотезы развития Земли.

В течение многих лет В. А. Обручев занимался проблемами рудных месторождений и геологии месторождений золота Сибири. В области учения о рудных месторождениях он работал над классификацией рудных месторождений, а также над вопросами металлогении, металлогенических эпох и металлогенических провинций Сибири. В результате им было составлено фундаментальное двухтомное руководство по рудным месторождениям, имевшее большое научное и педагогическое значение, а также написан ряд статей по отдельным теоретическим вопросам рудных месторождений.

Давно высказанная В. А. Обручевым гипотеза происхождения россыпного золота в Сибири в результате выветривания и размыва коренных пород с золотосодержащим пиритом и тонкими золотоносными кварцевыми прожилками, вначале многими оспаривавшаяся, оказалась, как показали позднейшие исследования, совершенно правильной.

Проблема прежнего оледенения Сибири заинтересовала В. А. Обручева в связи с его исследованиями в Ленском районе. Впоследствии он установил следы древних оледенений во многих районах Сибири, а также

на Алтае и убедился в правильности высказанной ранее П. А. Кропоткинским мысли о четвертичном материковом оледенении большей части Сибири, которое упорно отрицалось такими авторитетами того времени, как И. Д. Черский и А. И. Воейков. В. А. Обручев много потрудился над этой проблемой и в целой серии своих превосходных работ доказал и обосновал широкое развитие четвертичного оледенения на территории Сибири.

При исследовании признаков древнего оледенения в Сибири В. А. Обручев столкнулся с явлениями современной вечной мерзлоты, и это поставило перед ним проблему вечной мерзлоты Сибири и соседних с ней районов. В эту проблему В. А. Обручев своими исследованиями внес значительный вклад и многое сделал для организации ее изучения.

Но наиболее любимой научной проблемой, над которой В. А. Обручев работал с первых лет своих исследований и до конца жизни, была проблема происхождения лёсса вообще и азиатского в частности. На основании многочисленных и длительных наблюдений, колоссального фактического материала, собранного им в различных районах Средней и Внутренней Азии, а также Северного Китая, он разработал свою теорию эолового происхождения лёсса, существенно отличную от ранее высказанной аналогичной гипотезы немецкого геолога Рихтгофена.

По В. А. Обручеву, лёсс является своеобразной «ископаемой почвой», возникшей вследствие особого почвенно-диагенетического преобразования эоловой пыли, закреплявшейся травянистой степной растительностью в условиях сухого и холодного климата оледенений. Он строго отделяет собственно лёсс — эоловое образование от ряда лёссовидных пород, имеющих различное, в том числе и водное происхождение (пролювиальное, делювиальное, аллювиальное и т. д.). Идея о роли эоловых процессов в накоплении мелкозема, превращавшегося в лёсс одновременно с осаждением пыли, так настойчиво и убедительно отстаивавшаяся В. А. Обручевым в ряде его работ, в последнее время находит все большее свое подтверждение.

С проблемой лёсса тесно связана проблема песков пустынь Внутренней Азии, вопросу происхождения которых В. А. Обручев уделил много внимания и посвятил ряд замечательных работ.

Следует подчеркнуть две особенности в научной деятельности В. А. Обручева: во-первых, его постоянное стремление сочетать науку с практикой, поставить ее на службу запросам практической жизни, и, во-вторых, его стремление к распространению научных и научно-практических знаний.

Первая черта проявилась в том, что В. А. Обручев, помимо того, что был выдающимся ученым, являлся одновременно и крупным горным инженером-практиком. Практические выводы из своих научно-теоретических исследований он делал всегда и всюду, где к этому имелась возможность.

Вторая черта нашла свое выражение в том, что В. А. Обручев был выдающимся профессором-педагогом, многие годы преподававшим сначала в Сибири (в Томске) и затем в Москве, а также в том, что он был талантливым популяризатором научных знаний.

Как профессор-педагог В. А. Обручев воспитал сотни геологов, составляющих его «томскую» и «московскую» геологические школы. В порядке педагогической деятельности им были составлены два замечательных учебных руководства — курс рудных месторождений и курс полевой геологии.

Как популяризатор научных знаний он создал ряд замечательных научно-популярных и научно-фантастических произведений в области геологии и географии, имеющих очень большое значение для воспитания юношества.

Исследования В. А. Обручева характеризуются исключительной точностью, полнотой и глубиной наблюдений, а выводы—фундаментальной обоснованностью фактическим материалом, причем, некоторые из его выводов, как это вообще свойственно высокоталантливым ученым, опередили уровень современной ему науки на десятки лет. Таковы, например, его выводы о роли разломов в региональных тектонических структурных районах Азии или выводы о широком распространении докембрия в Сибири и Казахстане, ранее относимого к геологическим образованиям древнего палеозоя. Поэтому многие произведения В. А. Обручева, несмотря на их нередко большую давность, по полноте фактического обоснования содержащихся в них выводов, по самим выводам и по методике разрабатываемых в них проблем поистине являются классическими и долгое время будут изучаться геологами, посвятившими себя исследованию Сибири и Центральной Азии.

Наше правительство высоко оценило научную и литературную деятельность В. А. Обручева. Полный перечень присужденных ему наград и научных званий исключительно велик.

Он был награжден орденом Трудового Красного Знамени, 5-ю орденами Ленина; ему было присвоено высокое звание Героя Социалистического Труда и присуждены премии Ленина в 1926 г. и две Сталинские премии первой степени в 1941 и 1950 гг.

В. А. Обручев состоял с 1887 г. действительным и с 1917 г. почетным членом Русского географического общества; в 1947 г. он был избран почетным президентом Всесоюзного географического общества. В. А. Обручев был почетным членом Московского общества любителей естествознания, антропологии и этнографии (1912 г.), Московского общества испытателей природы (1913 г.), Русского минералогического общества (1916 г.), Общества изучения Урала, Сибири и Дальнего Востока. Всесоюзного общества по распространению политических и научных знаний.

В. А. Обручев был избран членом-корреспондентом Китайского геологического общества, членом Американского геологического общества, членом Лондонского геологического общества и почетным членом Венгерского и Гамбургского географических обществ.

Владимир Афанасьевич Обручев относится к плеяде тех замечательных и выдающихся ученых нашей страны, которые сделали крупный вклад в русскую и советскую науку и потрудились во славу Родины. Оставленное им богатое научное и литературное наследие входит в золотой фонд отечественной геологической и географической науки и еще долгое время будет служить источником наших знаний об исследованных им территориях Сибири и Центральной Азии.

Умер В. А. Обручев 19 июня 1956 г. и похоронен в Москве на Новодевичьем кладбище рядом с В. Л. Комаровым, таким же неутомимым путешественником и исследователем.

В. А. ОБРУЧЕВ

## ЛЁСС СЕВЕРНОГО КИТАЯ

В русской литературе лёссы Китая долго не были описаны сколько-нибудь подробно и вообще упоминались только мельком и редко при обсуждении проблемы лёсса. Между тем, знакомство с этими лёссами и условиями их залегания и распространения имеет большое значение для правильного решения вопроса о генезисе лёсса и лёссовидных пород вообще. Поэтому я воспользовался случаем переиздания Географическим издательством некоторых моих трудов прежнего времени, чтобы включить в них доклад о лёссе, сделанный мной в свое время в Ташкенте и дать возможность интересующимся проблемой лёсса Китая подробно ознакомиться с этими материалами.

Доклад был издан в 1954 г., но по моей просьбе включен также и в настоящий сборник новейших работ по лёссам Китая.

Северные провинции Китая (Чжили, Шаньси, Шэньси, Ганьсу, Хонант, Шаньдун, отчасти Аньхой и Эзяньсу) являются областью наибольшего распространения лёсса на земном шаре, в которой он достигает также наиболее типичного развития и максимальной мощности. Поэтому естественно, что эоловая гипотеза генезиса лёсса, хотя и возникла первоначально в Мексике, но разработана детально и приобрела первенствующее значение на основании наблюдений путешественников по Китаю. Ее творцом, по справедливости считают Рихтгофена, хотя его взгляды позже подверглись существенным изменениям и дополнениям.

В течение последних десятилетий работы китайских геологов, а также некоторых ученых, живущих в Китае, доставили новые интересные данные по геологии третичных и четвертичных образований, которые позволяют уяснить себе лучшие процессы отложений лёсса, условия его распространения и его особенности.

Давно уже известно, что толща в общем неслоистых четвертичных образований Северного Китая, которую называют лёссом, не является однородной. Еще Рихтгофен (1882) упоминал, что лёсс, залегающий на карбоне, внизу красноватый, нечистый, богатый журавчиками диаметром до нескольких десятков сантиметров, местами распределенных слоями, что обуславливает кажущуюся слоистость. Иногда он состоит из агломератов журавчиков, но чем дальше от коренной породы, тем меньше этих примесей и тем яснее выступают типичные свойства лёсса. В общем в его глазах формация типичного лёсса однородна и однообразна по всей площади его развития и во всей мощности.

Лочи, геолог экспедиции Сечени, уделил несколько больше внимания разнородности лёсса, которую наблюдал в провинциях Шаньси и Ганьсу. Он отметил в берегах р. Вейхэ красный каменистый твердый сушлинок. На склонах хр. Лю нан шань он видел переход лёсса вниз, на

коренных породах, в бурый песчаный твердый суглинок, не вскипающий с кислотой, лёссовидный, но слоистый, содержащий те же ракушки, маленькие журавчики и даже кусочки дерева. На дальнейшем пути к Ланьчжоу он видел выступающие под лёссом красные глинистые песчаники, местами переходящие в красно-бурю глину и покрытые красно- или желто-бурой гипсоносной глиной с отдельными пластами песчаника; сам лёсс внизу темный. На спуске к г. Гунчанфу Лочи видел опять под лёссом твердые красные, бурые и желтые глины, перемежающиеся с песчаниками (1893). В районе г. Цзиньжочу и в долине р. Вейхе лёсс подстилается красными, красно-бурыми и желтыми твердыми гипсоносными глинами, переходящими к основанию в рыхлый конгломерат с глинистым цементом. В этом городе Лочи купил в китайской лавке зуб и часть челюсти *Neogodon insignis* и полагал, судя по приставшей к нему бурой глине, что они были добыты из этих подлёссовых глин. На основании этого он считал формацию этих глин соответствующей не озерному лёссу Рихтгофена, но верхнеплиоценовой и эквивалентной мощной, до 1000 м, формации красных песчаников, конгломератов, глин и мергелей с гипсом, которую он изучал по р. Хуанхэ от г. Ланьчжоу до г. Сиини и далее до г. Куэте, нашел в ней *Limnaeus*, *Planorbis*, и в верхней части *Bithonium* и челюсть *Siphnaeus arvicolinus* и назвал формацией куэте (1893). Более юные галечники, подстилающие лёсс, он отметил в районе Пинляньфу и Ланьчжоу — Пинфань, указав, что они часто связаны карбонатами, выщелоченными из лёсса, или окислами железа в конгломерат и содержит гальку, иногда огромные валуны подстилающих коренных пород (1893).

В томе I моего полного отчета (Обручев, 1900) можно найти уже многочисленные указания на распадение толщи лёсса на две разнородные части: верхняя представляет буро- или серо-желтый лёсс, нижняя — красноватый до буро-красного лёсса. Последний я в путевых письмах считал эквивалентом гобийских континентальных отложений, развитых в Центральной Азии, но в полном отчете назвал древнейшим лёссом. Ниже я приведу его характеристику, а здесь укажу только, что мною тогда же было отмечено несогласное налегание буро-желтого лёсса на неровную поверхность красноватого. В том же отчете имеются данные о галечниках, подстилающих тот и другой лёсс и о позднейшем, уже перемещенном лёссе, слоистом и неслоистом, перемежающемся с галечниками и песками.

Красноватый цвет и большую глинистость нижнего «древнейшего» лёсса я объяснял тем, что он создан в то время, когда красноцветные гобийские отложения, оставленные третичными озерами, покрывали значительные площади впадин Центральной Азии и давали главный материал для развевания.

Уиллис, в 1903—1904 гг. познакомившийся с областью китайского лёсса в пределах тех же провинций, как и Рихтгофен, отметил присутствие толщ галечника под лёссом или среди лёсса, местную неясную слоистость лёсса, переход в явно слоистый лёсс впадин в кое-где залегание под лёссом зеленоватого мергеля с нежными ракушками (Willis, Blackwelder, 1907). Но красный лёсс под желтым он не упоминает, хотя в посещенной им местности первый встречается. В общей характеристике лёсса (1907, стр. 249—254) он также не говорит об этом типе лёссовой толщи.

Табфель в районе северо-южного течения р. Хуанхэ видел под лёссом красные слоистые глины и собрал в них фауну; он наблюдал также на берегах этой реки к югу от Сиини плиоценовую формацию куэте (Tafel, 1914); упоминает галечники под лёссом (Tafel, 1914). Зёргель описал разрез р. Хуолу в Шаньси, в котором под желтым лёссом залегает бурый, подстилаемый красным, имеющим неровную

денудированную поверхность и лежащим на слоистых осадках, возможно речных. Он говорит уже о смене сухих периодов, во время которых отлагался лёсс, влажными, в течение которых он размывался и изменялся (Tafel, 1919).

Наблюдения китайских геологов доставили много новых и более точных материалов, тем более, что последние опираются на находки фауны и остатков человека, позволяющих определить возраст отложений. Кроме того, расширились сведения об оледенении Азии, имеющем связь с генезисом лёсса.

По новым данным верхний неоген и плейстоцен Северного Китая представляют три формации, соответствующие трем эпохам отложения осадков, сменявшимся эпохами усиленной эрозии. Эти три формации и образуют тот комплекс, который до сих пор назывался лёссовой толщей и в котором Лочи различал формацию куэте и собственно лёсс, а я — древнейший красный и новейший буро-желтый лёсс. Рассмотрим эти формации подробнее, начиная с древнейшей.

1. Красная глина с фауной Pirraion. Она известна в северо-восточной части провинции Шаньси, в примыкающей к ней за Желтой рекой части провинции Шэньси, в провинции Хонань, отчасти в провинциях Чжили, Ганьсу и Шаньдун. Но не везде эти отложения имеют одинаковый характер, хотя содержат приблизительно ту же фауну. В северо-восточной части и провинции Шаньси, по описанию Зданского, собранного особенно большой материал, красная глина наблюдается в районе примыкающем с северо-востока к г. Баодсянь на Желтой реке, особенно вокруг с. Чжичжакоу в 13 км на северо-восток от города. Местность представляет плато, постепенно повышающееся к востоку, но сильно расчлененное долинами и оврагами, на дне которых выступают известняки карбона, тогда как склоны и водоразделы покрыты неслоистым типичным лёссом. На карбоне лежит толща красной глины, достигающая 65 м; она большей частью начинается базальным конгломератом разной мощности (до 4 м), состоящим из гальки известняка с известковым же цементом серого цвета и образующим, благодаря своей твердости, резкий уступ между мергелевидными верхними слоями карбона и красной глиной. Последняя, во всех отношениях похожая на глину Пикерми, представляет суглинок с непостоянными прослоями галечника, связанного красным же суглинком (в отличие от базального конгломерата), и редкими горизонтами известковых конкреций. Отдельная небольшая галька попадается и вне галечных прослов. Судя по последним, залежание горизонтальное. Фауна встречается отдельными гнездами, объемом большей частью от 0,5 до 2 м<sup>3</sup>, содержащими большое количество разнообразных костей; целые скелеты не попадают, но более или менее полные конечности и части позвоночника, черепа хищников и носорогов с нижней челюстью, а также состояние костей, указывают на принос их только с небольшого расстояния. Кости довольно сильно минерализованы, мозговые полости большей частью покрыты кристаллами кальцита, поверхность же их обычно чисто белая. Суглинок в непосредственном соседстве с этими гнездами проникнут известью и затвердел. Иногда включены небольшие линзы песка, часто содержащие обломки костей. В гнездах также местами видна некоторая слоистость. Они всегда расположены в пределах одного горизонта в 5 м, на высоте 25 м от основания и 35 м от кровли толщи, причем иногда встречаются 2 гнезда: одно над другим с промежутком в один метр. Фауна во всех гнездах одна и та же с небольшими вариациями, например, в одном гнезде особенно много хищников, а в другом — более крупных жвачных. Носороги повсюду обычны.

Площадь, особенно богатая костяными гнездами в районе Чжичжакоу, имеет  $5 \times 5,5$  км. Но подобные же гнезда известны еще: а) в районе г. Хо-чюсянь (в 70 км севернее первого района), в том же горизонте, но здесь они крупнее по объему и менее богаты костями, заполнение их более песчаное и цементация известью вокруг них слабее; б) близ с. Уланкоу, в районе г. Фукусянь в провинции Шаньси, в 55 км на запад от г. Баодесянь, где на одном и том же уровне, около 35 м ниже кровли красной толщи находится целый ряд гнезд с песчано-суглинистым заполнением; здесь кости более хрупкие.

Все эти местонахождения обнаружены в связи с тем, что ископаемые кости имели большое применение в китайской фармакологии как лекарство и поэтому являлись объектом добычи и продажи.

В Чжичжакоу на размытой поверхности красной толщи, соответствующей современному рельефу, залегает типичный буро-желтый лёсс, а на нем местами сыпучий песок, принесенный ветрами из пустынь Ордоса. Красная толща тянется в этом районе на восток до высот, сложенных из известняков кембрия — ордовика, на запад переходит через Желтую реку, а с севера на юг прослежена на расстоянии более 60 км (Anderson, 1923). В провинции Хонань, по описанию Андерсона, красная толща изучена в районе г. Синьяньсянь (около 50 км к западу от г. Лоян), где она наиболее развита на протяжении 10 км на север и восток. Местность представляет округленные холмы из этой толщи, покрытой в долинах значительной толщиной желтого лёсса. Здесь красная толща, по-видимому, достигает более значительной мощности, чем в Шаньси и более разнообразна по составу. Глина не только красная, но также пестрая с неправильными беловатыми пятнами, содержит прослойки песка и гравия, а также в изобилии известковые конкреции, подобные журавчикам лёсса, часто располагающиеся в определенных горизонтах неправильными прослоями, причем длинная ось конкреций вертикальна. Иногда они не велики и рассеяны в глине, иногда же разрастаются в неправильно-ветвистые тела, образующие более или менее полную сеть. Крайней стадией является образование прослоев довольно твердого, но пористого известняка, иногда содержащего многочисленную гальку (Anderson, 1923, фиг. 31).

Фауна распределена менее равномерно, чем в Чжичжакоу, и образует скопления, скудно рассеянные по всей толще. Кости хуже сохранились и поверхность их черноватая; иногда они залегают в чечевицах красного песка. Вокруг гнезд с костями обычны известковые конкреции.

В уроч. Ланькоу близ г. Мянъшисянь, в 50 км на запад от Синьяньсяня, красная толща содержит правильные прослойки известняка и хорошо сохранившиеся белые и твердые кости.

В провинции Шаньдун красная глина лежит на известняках ордовика и на угленосном верхнем палеозое и представляет внизу конгломерат с галькой и даже валунами известняка до одного метра в диаметре; сверху она перемежается с галечниками и достигает мощности 5—10 м. В округе Линчжю она содержит много тонких прослоев конгломерата от 5—10 см до нескольких десятков сантиметров. Общая мощность различна, местами более 10 м. В северо-восточной части провинции Чжили вместо глины появляются пески без галечника.

На южной окраине Ордоса на мезозойских красных песчаниках и мергелях несогласно залегают красные пески и глины, начинающиеся базальным конгломератом. Тейльяр и Лисан считают эти слои понтом (этим термином они обозначают глины с гиппарионом). В Южной Монголии, в местности Харобо Андерсон нашел красную глину, богатую известковыми конкрециями в 10—30 см, часто покрытыми черной марганцевой

корочкой и содержащими кости и зубы млекопитающих (Andersson, 1923). Такая же глина встречается и в других частях района и, вероятно, в ее отложениях была найдена фауна, доставленная Андерсону монголами.

Фауна толщи с *Hipparion clay* весьма богата, но окончательно определены и описаны пока только носороги, жирафовые, олени, хищники, обезьяны. Состав ее следующий:

1. Primates (найжены только в провинции Хонань) (1924); *Macacus Andersoni* n. sp. Schloss., *Procynocephalus Wimani* n. sp. Schloss., *Pliothecus posthumus* n. sp. Schloss.

2. Cervicornia (1925): *Eostyloceras Blainvillei* n. gen. et. sp. Zdansky, *Eostyloceras triangularis* n. sp., Zdansky, *Dicrocerus* sp. cf. *furcatus* Hensel, *Cervocerus novorossiae* Khomenko, *Procacpreolus latifrons* Schloss., *Procacpreolus Rüttimeyeri* Schl.

3. Pellicornia (1927): *Palaeotragus microdon* Koken, *P.* cf. *coclophrys* Roedi & Weith, *P. decipiens* n. sp. Bohli., *Samotherium* cf. *Neumayri* Roedi & Weith., *S. sinense* Schl., *Honoantherium Schlosseri* Pilgrim.

4. Rhinocerotidae (1923, 1924): *Dicerorhinus orientalis* Schl., *Chilotherium Andersoni* n. sp. Ringstr., *Ch. Habereri* Schl., *Ch. gracile* n. sp. Ringstr., *Ch. planifrons* n. sp., Ringstr., *Ch. Wimans* n. sp. Ringstr., *Diceratherium palaeosinense* n. sp. Ringstr., *Sinotherium Lagrelei* Ringstr Schl.

5. Canidae (1924): *Carnivoria vera*, *Simocyon* aff. *primigenius* Roth. et Wagn.

6. Ursidae (1924): *Indarctos Lagrelei* n. sp., Zd., *Ind. sinensis* n. sp. Zd.

7. Mustelidae (1924): *Siniectis dolichognatus* n. g. et sp. Zd., *Croputorius minimus* n. sp. Zd., *Mustela palaeosinensis* n. sp. Zd., *Plesiogulo brachygnathus* Schl., *Lutra aonychnoides* n. sp. Zd., *Parataxidea sinensis* n. g. et sp. Zd., *P. crassa* n. sp. Zd., *Melodon majori* n. g. et sp. Zd., *M. insertum* n. sp. Zd., *Eomellivora Wimani* n. g. sp. Zd.

8. Viverridae (1924): *Ictitherium Gaudryi* n. sp. Zd., *I. sinensis* n. sp. Zd *I. Wongie* n. sp. Zd., *I. hyaenoides* n. sp. Zd.

9. Hyaenidae (1924): *Hyaena variabilis* n. sp. Zd., *H. honanensis* n. sp. Zd.

10. Felidae (1924): *Machairodus Palanderi* n. sp. Zd., *M. Tingii* n. sp. Zg., *M. maximiliani* n. sp., Zd., *Metailurus major* n. g. et sp. Zd., *M. minor* n. sp. Zd., *Dinofelis Abeli* n. d. et sp. Zd., *Felis palaeosinensis* n. sp. Zd.

Кроме того, найдены описанный ранее *Hipparion Richthofeni* Schl. и пока точнее не определенные антилопы, два вида *Sus*, *Mastodon*, *Stegodon*, *Elephas*, грызуны (один из *Castorinae*), птицы (*Struthionidae*), рептилии (*Emydidae*, *Testudinidae*); нужно отметить, что осколки яиц страусовидной птицы, найденные Лисаном в самых верхних слоях красных глин совместно с типичной фауной гиппариона в Восточной Ганьсу, в 45 км к северу от г. Чиньянфу на глубине 20—30 м под поверхностью, принадлежат, по мнению Андерсона, не *Struthiolithus chersonensis*, встречаемому в верхнем желтом лёссе, но другому виду этого рода (Anderson, 1925).

Из беспозвоночных в глинах с гиппарионом встречаются *Helix*. Тейльяр и Лисан описывают подобные глины с довольно крупными (24 мм) и плоскими (11 мм) раковинами *Helix*, наряду с более мелкими и коническими, лежащими на базальном конгломерате и под лёссом в обрывах боковой долины р. Фынхэ ниже г. Линшисянь в Южной Шаньси, подобные же были найдены ими в глине с *Hipparion* возле Циньянфу.

Возраст этой толщи датируется нижним плиоценом или верхним миоценом. По представителям семейства носорогов Рингстрем указывает верхний миоцен, тогда как американская Монгольская экспедиция относит слои с гиппарионом к плиоцену. Необходимо отметить, что эта толща не везде еще изучена детально в Северном Китае, и весьма вероятно, что

местами к ней присоединяют и красный лёсс, более молодой. На это указывает Зданский (Zdansky, 1924), отмечая уклоняющийся состав некоторых фаун различных местонахождений, особенно в Хонане и Чжили, а также в Шаньси, что скорее всего объясняется разницей в возрасте. Это тем более вероятно, что часть описанных форм не собрана самими геологами, а куплена у китайцев и точные условия залегания не известны. Поэтому приведенный список нельзя считать совершенно точным для фауны толщи с гиппарионом.

Вышеописанные красные суглинки с журавчиками не являются единственными представителями образований этой эпохи в Северном Китае. Ей принадлежат, по-видимому, еще отложения бурных потоков и озер. Первые образовывались на склонах гор, заполняя овраги и долины, последние отлагались на дне озеровидных расширений долин. Те и другие изучены еще мало. Тейльяр и Лисан предположительно относят к этому возрасту розоватые и зеленоватые слоистые песчаные глины, содержащие *Paludina*, мелкие *Helix* и *Melania*, в некоторых горизонтах изобилующие известковыми конкрециями, и подстилающие базальный конгломерат толщи лёсса на правом берегу Желтой реки в 500 м и выше г. Дункуан.

Большие сборы фауны, частью происходящей из красных глин Шаньси, Шэньси и Сычуани, доставила экспедиция Футтерера и Геберера. Ее описал Шлоссер (Schlosser, 1924), но экземпляры не были собраны на месте, а скуплены в китайских аптеках разных городов; поэтому точное местонахождение и условия залегания неизвестны, что отметил Андерсон, указавший, что этим обстоятельством обусловлены отчасти неверные выводы, Шлоссера. Поэтому мы воздержимся от перечисления указываемых последним видов. Фауну красных глин Шаньси вблизи Желтой реки собрал также Тафель, (Tafel, 1924), избравший несколько черепов несороговых, антилоп, *Palhyaena*, *Hipparion* в описании своего путешествия. Их определил Кильгус, давший пока только список без изображений. Рингстрем (Ringström, 1924) в отношении семейства носорогов исправляет определение Шлоссера и Кильгуса. Андерсон указывает из красной глины уроч. Харобо в Южной Монголии *Aceratherium*, *Hipparion*, зубы, носорога; двукопытных, лошадей непарнокопытных (Anderson, 1923). Что же касается отложений потоков, то описания их в той же местности по р. Фынхэ, данные упомянутыми учеными, скорее указывают, что это — образования более поздние, принадлежащие следующей эпохе размыва глин с *Hipparion*.

Генезис красных глин с фауной *Hipparion*, еще не изучен детально. Фауна млекопитающих, страусовидная птица, сухопутные *Helix* ясно указывают наземное образование в условиях степи; но присутствие обезьян, жирафовых, оленей, свиней, бобровых, болотных черепах (*Emydinae*) говорит о том, что среди степи существовали рощи, озерки и болота, дававшие приют богатой фауне. В общем можно думать о ландшафте так называемого галерейного леса Центральной Африки или степей Южной Африки. Озерки и болота, русла временных потоков могли быть теми урочищами, в которые сносились трупы и отдельные кости степных животных во время дождей, а в озерах и болотах сохранялись также остатки водных и лесных обитателей. Судя по сохранности костей в Северо-Западной Шаньси, присутствию нижней челюсти при многих черепаках, целых конечностей и частей позвоночника, Зданский находит, что перенос их был недалеким (Zdansky, 1923). Андерсон полагает, что глина с гиппарионом, представляющая в сущности песчаный суглинок, образовалась в степных условиях, представляя пересортированный остаток коры весьма продолжительного выветривания поверхности, суще-

ственно состоявшей из известняков, т. е. пересортированную остаточную красную глину. Такая глина, как известно, характеризует климат теплый и достаточно сухой, подобно климату современного Средиземноморья с сухим и жарким летом и теплой, но влажной зимой.

Как говорилось, в Северо-Западной Шаньси фауна встречается гнездами в пределах одного горизонта мощностью всего 5 м, приблизительно в середине толщи глины; выше и ниже его фауны нет. В Хонане остатки попадают по всей толще, но кости сохранились хуже. Можно думать, что условия жизни были не одинаковы. В Хонане, более южном и близком к морю, климат в течение всей этой эпохи был благоприятный, с достаточным количеством осадков; только здесь и найдены 3 вида обезьян; здесь найдено также больше оленей, тогда как носороговых, по-видимому, меньше. В северо-западной части Шаньси, очень близкой к Центральной Азии, климат был более сухой и богатая фауна проникала сюда только в середину эпохи, очевидно в связи с временным изменением климата и развитием более пышной флоры, а потом вымерла или отошла на юг.

Тейльяр и Лисан (Teilhard et Licent, 1927), сопоставляя глину с Hipparion с красноватым лёссом и желтым лёссом, в качестве лёссовой фации плиоцена, очевидно предполагают, что образование их аналогично образованию типичного лёсса. В другом месте, совместно с Барбур, упоминая о красных глинах бассейна Санканхэ, залегающих на гнейсах и содержащих прослой крупных твердых марганцовистых конкреций, но не содержащих никакой фауны, даже Helix, они считают их скоплениями продуктов выветривания древних пород, возможно перемытых. Подробнее никто из новых исследователей этой формации не рассматривал ее генезис.

Я полагаю, что материал, из которого состоят глины с гиппарионом может быть не только местного происхождения в виде продукта перемыва и разветвения красной коры выветривания соседних горных склонов, но и дальнего в виде пыли, принесенной ветрами из Центральной Азии; в Северо-Западной Шаньси такого экзотического материала много, в Хонане — меньше. Это понятно — Хонан расположен дальше на юг от Монголии, чем Северная Шаньси.

**2. Формация санмен и древний красноватый лёсс.** После эпохи накопления образований типа красной глины с фауной гиппариона наступила эпоха усиленного размыва этих толщ, объясняющего нам различную мощность и неповсеместную их сохранность. Судя по возрасту красных глин и следующей формации, эпоха размыва приблизительно соответствует среднему плиоцену. По мере ослабления эрозии, в связи с новым изменением климата в сторону сухости, продукты размыва начали накапливаться на дне долин. Тейльяр и Лисан различают и в этой формации три фации; а) бурных потоков, б) озерно-речную и в) лёссовую. Но нужно заметить, что первая фация в своей нижней части может быть древнее двух других, соответствуя еще эпохе размыва красных глин с гиппарионом. С этой оговоркой приведены в сводном виде имеющиеся данные.

а) **Фа́ция бу́рных пото́ков** (torrential) представляет пески, часто грубые, с прослоями и чечевичами гравия и гальки, иногда слоистой глины, то рыхлые, то плотные, иногда глинистые розоватые, красноватые или даже красные, местами содержащие крупные валуны или переходящие всей толщиной в галечник с линзами песка, цементированный в твердый конгломерат. Мощность доходит до 40—50 м. Эти пески залегают или на слое глины с гиппарионом, или на пористом известняке того же возраста, иногда начинаясь базальным конгломератом, или же на дислоцированных палеозойских или мезозойских породах. Местами среди пес-

чаной фации появляется слой красного лёсса в несколько метров мощности, содержащий журавчики.

Вверху толща оканчивается в большинстве случаев красным лёссом в 5—10 м мощности с мелкими журавчиками. Из фауны найдены только *Helix*, частью того же типа, что и в глине с гиппарионом, частью несомненно более юный. В одном месте, где толща в нижней части представляет буро-красную глину с конкрециями, найдены обе створки небольшой *Quadrula* у самого контакта с подстилающими породами палеозоя.

К этой фации можно отнести и обнажение, описанное мною в провинции Шаньси к югу от г. Тайюаньфу, сложенное из галечников и песков, лежащих несогласно на бугре красной глины и покрытого толщей красноватого лёсса (Обручев, 1900, фиг. 55). Та же фация видна возле г. Ланьчжоу на правом берегу Желтой реки в нижней части высокого обрыва толщи лёсса, вверху желтого, внизу красноватого, лежащего на крепких конгломератах третичного возраста, из которых вытекают источники.

б) Ф а ц и я о з е р н о - р е ч н а я изучена по берегам Желтой реки, на границе провинций Шаньси и Хонань, от ее поворота на восток до ущ. Санмен, которое, очевидно, явилось причиной озеровидного расширения долины.

Ниже ущелья фация представлена толщей галечника в 4,5 м и галечника с песками, содержащими много крупных створок пресноводных моллюсков, часто расположенных почти вертикально, а также кости млекопитающих. Двустворки частью похожи на описанные ниже. Выше ущелья, на том же уровне под толщей желтого лёсса с его базальным конгломератом залегает песок (6 м), подстилаемый песчаной глиной (3 м, видимых). В последней найдены многочисленные двустворки, близкие, но не вполне тождественные с ныне живущими, именно два вида *Quadrula* и один вид *Cuneopsis*. По определению Dall они близки к *Q. spurium* и *Q. affinis* Heude и *Cuneopsis capitatus* Heude и вероятно относятся к началу постплиоцена.

Еще выше от г. Чжанчжоу до г. Дункуан, в береговых обрывах реки под базальным конгломератом лёсса залегают рыхлые пески, местами с обломками *Lamprotula*, содержащие пласты зеленоватых глин или бурых мергелей. Против г. Дункуан вся толща, подстилающая конгломерат, состоит из розоватых песчаных глин, перемежающихся с зеленоватыми и содержащих в отдельных горизонтах многочисленные известковые конкреции, образующие даже целые банки. Они богаты моллюсками *Paludina*, мелкими *Helix* и хрупкими *Melania*. В коллекции, собранной ниже ущелья, Однер (Odhner, 1925) определил (крестиком отмечены формы, известные только в ископаемом виде):

<i>Solenia carinata</i> Haude +	<i>L. undulata</i> n. var. +
<i>Anodonta woodiana</i> Lea.	<i>Corbicula fluminalis</i> Müll.
<i>Cristaria herculea</i> Mide.	<i>Limnaea classini</i> Neumayr
<i>Hyriopsis descendens</i> n. sp. +	<i>Metodontia honaiensis</i> Grosse
<i>Lepidodesma ponderosa</i> n. sp. +	<i>Cathaica (Pseudoberus) plectotropis</i>
<i>Nodularia doyglassiae</i> Gr. & Pidg.	v. nov.
<i>Cuneopsis maximum</i> n. sp. +	<i>Platy petatus Andersoni</i> n. sp.
<i>Lamprotula antiqua</i> n. sp. +	

Фауна указывает на теплый и влажный климат, почему Однер больше склонялся отнести ее к верхнему плиоцену. Ископаемые формы имеют ближайших родичей только в местности, расположенной к югу от их нахождения, что указывает на изменение климата. Некоторая потертость

створок говорит о переносе, очевидно из озера, находившегося выше ущелья. Наземные представители Helicidae (последние 3 формы) жили по соседству на берегах; некоторые заключены в створки пресноводных, заполненные грубым красно-бурым песком; одна из них (*Cathaica*) теперь не живет в этой части Китая.

По р. Фынхэ, левому притоку Желтой реки, ниже г. Пиняньфу, в центральной части прежнего озерного бассейна наблюдается та же фауна в виде грубых и мелких песков с прослоями глин розовых и красноватых мощностью до 28 м, подстилающих толщу песков, глин, красного и желтого лёсса. В одном месте среди нее залегает толща в 6 м типичного красноватого твердого лёсса с журавчиками и *Helix*. У подножия обрыва найдена *Lamprotula*, вымытая из песков.

Наиболее типично и с обильной фауной эта фауна представлена в бассейне р. Санканхэ, правого притока р. Хунхэ, в горах к северо-западу от Пекина, в озеровидном расширении выше низового ущелья. По окраинам бассейна она подстилается толщей галечника и песков ярко-красного цвета, содержащих окатанную гальку, часто связанную в известковый конгломерат, образующий карнизы; эта толща, очевидно, продукт размыва глин с гипшоариомом, залегающих под ней. С удалением от окраин в ней появляются слои мелкого песка с *Limnaea*, переходящие к центру бассейна в белый мергель. В этой центральной части вся толща представляет ясно-слоистый белый мергель с прослоями зеленоватых песков с *Limnaea* и красных песчаных глин с известковыми конкрециями, часто цементированными в твердые пласты; иногда появляются и прослои галечников. В этой толще в изобилии найдены *Lamprotula*, *Cuneopsis*, *Corbicula*, *Pisidium*, *Limnaea*, *Planorbis*. *Helix* здесь отсутствует. *Lamprotula*, *Cuneopsis* залегают в самых нижних слоях песка или галечника и иногда потеряны; *Corbicula* встречается чаще, *Planorbis* изобилует в белом мергеле, а *Limnaea* — повсюду. Везде попадаются в небольшом количестве кости позвоночных — лягушек, птиц и, особенно, млекопитающих; наиболее богаты ими зеленые пески с *Limnaea* и чаще красноватые песчаные глины, в которых кости образуют чечевицы твердых конкреций и всегда сильно минерализованы. Но часто попадаются черепа с нижней челюстью и полные серии костей конечностей в нормальной связи, найдены также целые скелеты оленей и лисиц; многие кости покрыты следами зубов гиены или грызунов; все это указывает на образование скоплений в местах водопоя, где остатки трупов погрузались в ил.

Предварительные определения фауны дали следующий список:

<i>Elephas</i> cf. <i>trogotherii</i>	<i>Antilope</i> sp.
<i>Rhinoceros</i> sp. u. cf. <i>tichorhinus</i>	<i>Gasella</i> sp.
<i>Chalicotherium</i> sp.	<i>Leptobos</i> sp.
<i>Hipparion</i> (редко)	<i>Euceratherium</i> sp. (?)
<i>Equus</i> sp. (обычно крупная форма; полные череп, челюсти, кости).	<i>Ovis</i> sp.
<i>Camelus</i> <i>Paracamelus gigas</i> Shloss.	<i>Machairodus</i> sp.
<i>Sus</i> sp.	<i>Cynailurus pleistocaenicus</i> (?)
<i>Cervulus</i> cf. <i>munjack</i>	<i>Felis</i> sp.
<i>Cervus</i> cf. <i>rusa</i>	<i>Hyaena ultima</i>
<i>C. ol. tetraceros</i>	<i>Vulpes Schlosseri</i> Zd. и sp.
<i>Canis</i> sp.	<i>Vulpes</i> sp. (меньший)
<i>Ursus</i> sp.	<i>Siphneus</i> sp.
<i>Lutra</i> sp.	<i>Lagomys plicidens</i>
<i>Erinaceus</i> sp.	<i>Arvicola</i> sp.

Эта фауна отличается от фауны глины с гиппарионом полным отсутствием Giraffidae, Aceratheridae, Ictitheridae и нахождением более близких к современности Equus, Ovis, Siphneus, Arvilia, но содержит и архаические элементы, как Chalicotherium, Hipparion, *Canis Schlosseri*, *Hyena ultima*. Она отличается также от фауны лёсса, не содержит уже явных предшественников плейстоцена как *Rhinoceros* cf. *tichorhinus*, *Elephas* cf. *primigenius*, *Ovis* cf. *ammon*, *Cervus rusa*, Siphneus. По характерному обилию лошадей, оленей, антилоп, Leptobos и др. фауна обнаруживает бросающееся в глаза сходство с верхнеплиоценовой или нижнеплейстоценовой фауной западной Европы. (Villatranchien, Forest beds, Val d'Arno). Она свидетельствует об умеренно теплом и влажном климате. Но присутствие гипса в верхних слоях отмечает усиливающуюся сухость, очевидно, повлекшую исчезновение бассейна

Остается еще заметить, что в аллювиальной равнине Тяньцзина, на глубине 24 м, были найдены в изобилии двустворки, среди которых преобладает *Lamprotula paihoensis* n. sp., близкая к *L. antriqua* var. *elongata* или *undulata*, затем *L. tingi* n. sp., представляющая массивную модификацию *L. (Unio) fibrosa* Haude и маленькая *Corbicula*. Далее в бассейне р. Хуайхэ, левого притока р. Хунхэ, расположенном за Ньянкоуским хребтом, найдена *Cuneopsis Barbouri* n. sp., родственная современной *C. capitatus* Haude и *Nodularia Daygla sii*. И в этих двух пунктах мы можем принять развитие озерной фауны свиты санмен. В долине р. Хуайхэ между г. Хуайлайсянь и сел. Тендепу я наблюдал под лёссом в розовато- и зеленовато-желтых слоистых глинах, часто песчаных или мергелистых, переслаивающихся с глинистым песком, обильные створки пресноводных пластинчатожаберных. Глины достигают 3—4 м мощности и лёсс лежит на их размытой поверхности (Обручев, 1900). По определению Стурани, здесь найдены *Corbicula obrutshevi* n. sp., *C. methoria* n. sp. и *Unio tschiliensis* n. sp. совместно с обломками створок, длиной 8—10 см (вероятно крупной Anodonta, но, возможно, что они принадлежат родам Solenia или Cuneopsis, представители которых на Желтой реке имеют подобные же размеры). Барбур также указывает, что серые, бурые и зеленоватые слои ила и песка бассейна Хуайхэ очень похожи на отложения бассейна р. Санканхэ и содержат в изобилии двустворки нескольких родов и пресноводных брюхоногих (еще не описанных), среди них крупную *Cuneopsis* (Barbour, 1926).

К этой же озерно-речной фации следует отнести свиту куэте, описанную Лочи, типично и мощно развитую в западной части провинции Ганьсу по Желтой реке ниже и выше г. Ланьчжоу, в районе городов Синин и Пинфань Восточного Наньшаня. В глубоком ущелье, промытом рекой в этой свите, у г. Куэте она представляет перемежаемость слоев пестрых глин, песков, галечников и рыхлых песчаников. Цемент последних известковый и они содержат большие шаро- и линзообразные конкреции; в пестрых имеются также прослой мергеля; гипс попадается, но не так часто, как в свите у г. Синин. Мощность свиты более 1000 м, так как основание ее лежит ниже дна ущелья, промытого на эту глубину. В нижних глинах нашлись раздавленные *Limnaea*, в мергеле среди глин—*Planorbis*, в песках, в самом верху толщи — нижняя челюсть грызуна *Siphnaeus arvicolinus* Nehr. — совместно с конечностями более крупных млекопитающих, а выше — известковая глина, переполненная створками *Vithinium*.

Шлоссер описал эти сборы из серых и серо-зеленых плитковатых твердых мергелей самого верхнего горизонта свиты в обрывах Желтой реки на окраине плато; он определил *Limnaeus* aff. *pereger* Müll, *Planorbis* sp., *Pl. (Cyrorbis?)* sp., *Helix (Vallonia?)* sp., Pupa?, *Bythinia* sp., близкая к

*B. gracilis* верхнего миоцена, а из мягких серо-бурых мергелей оттуда же *Limnaeus* aff. *ovatus* Müll., *Valvata piscinalis* Müll. Последние по сохранности форм, рыхлости породы и присутствию ныне живущей *Valvata* он склонен относить скорее к плейстоцену, первые же — к среднему или верхнему плиоцену, отмечая, что они, вероятно, одновременны с слоями, из которых происходит *Stegodon insignia* Лочи (и которые несомненно моложе слоев с фауной Сивалика в Индии), и, вероятно, моложе отложений с *Hipparion* Китая (Schlosser, 1924).

Севернее этого ущелья, в долине р. Сининхэ формация представлена красными и бурыми песчаными глинами с кристаллами, прожилками и пластинами гипса, желтыми и красными рыхлыми глинистыми песчаниками и галечниками. Эта формация распространена на запад до оз. Кукунор, на восток до Ланьчжоу, на север до подножия соседней цепи Наньшаня, но заполняет также долины между цепями, где и мне пришлось наблюдать ее. Восточнее Ланьчжоу Лочи проследил ее до долины р. Вейхэ и относит к ней красные гипсоносные глины, песчаники и галечники, подстилающие желтый лёсс. Он предполагает, что в этом районе существовало огромное озеро, заходившее на запад далеко в глубь Тибета, судя по данным Пржевальского, а на северо-запад — в глубь Наньшаня и что современный Кукунор представляет остаток этого верхнеплиоценового бассейна. Гипсоносность отложений свидетельствует о периодическом усыхании и осолонении его в связи с изменениями климата; это обстоятельство можно сопоставить с образованием толщ красного лёсса.

Но громадная мощность свиты куэте заставляет думать, что озеро образовалось значительно раньше, т. е. что свита может соответствовать не только верхнему, но и среднему плиоцену, а в нижних горизонтах даже нижнему, т. е. представляет эквивалент также красных глин с *Hipparion*, развитых значительно далее на восток и северо-восток в Китае. В этом отношении недалекое будущее даст более точные указания, так как Андерсон собрал в нескольких местах в свите куэте и в глубоких горизонтах ее как пресноводных моллюсков, так и остатки млекопитающих, между прочим, — парнокопытных, хищных и мастодонтов, ясно указывающих верхнетретичный возраст. Это озеро, очевидно, принимало в себя Желтую реку и, то сокращаясь, то увеличиваясь в объеме в связи с изменениями климата, могло существовать не только в течение плиоцена, но и плейстоцена, и исчезнуть окончательно, за исключением таких жалких остатков, как Кукунор, только в эпоху сильного размыва после эпохи образования желтого лёсса (Loczy, 1893). К этим соображениям необходимо добавить и влияние на изменения климата, роста и сокращение озера молодых движений земной коры, о которых в годы своих наблюдений Лочи еще ничего не знал.

в) Ф а ц и я э о л о в а я, представленная «красным лёссом» китайских геологов или древнейшим красноватым лёссом моего отчета.

Тейльяр и Лисан наблюдали эту фацию по окраинам прежнего озера бассейна р. Фынхэ в Южной Шаньси и сообщают, что она достигает более 40 м мощности и состоит из розового или красного лёсса, содержащего в изобилии *Helix*. Отдельные горизонтальные слои (bandes), выделяющиеся в общей массе по более тонкому красному цвету, переполнены журавчиками, величиной от ореха до кулака. При размыве лёсса они скопляются на дне оврагов, образуя галечник, тождественный с залегающим в основании желтого лёсса в Ганьсу и Северной Шаньси. Среди этих вымытых журавчиков они нашли один, состоявший из дресвы гранита, цементированной мергелем и указывающий, что лёсс залегает

здесь на граните. Другой журавчик содержал череп грызуна *Siphneus*, тождественного с найденными в базальном конгломерате желтого лёсса Ганьсу у Цзиньянфу и в формации санмен на р. Санканхэ. Этот череп очевидно был погребен и минерализован на месте в красном лёссе и залегал в нижних горизонтах последнего, так как в верхних темных слоях журавчики сравнительно невелики и менее тверды (19 см). Исследователи проследили толщу красного лёсса по всей линии высот, отделяющих бассейн р. Фынхэ от расположенного южнее бассейна р. Сушуйхэ, а на восток километров на 20 до больших каменоломен в кембрийских известняках, где она лежит на брекчии небольшой мощности. Здесь, в самых верхних горизонтах толщи, они нашли обломок яйца *Struthiolithus*. Они заметили также, что толща красного лёсса на северном склоне хребта Коушань, разделяющего оба бассейна, образует две террасы, тогда как противоположный склон долины р. Фынхэ поднимается плавно к северным высотам.

Они отметили еще, что во всей южной (низовой) части бассейна р. Фынхэ красные глины с гиппарноном под красным лёссом отсутствуют (Teilhard et Licent, 1927).

В соседнем к северу бассейне небольшой речки (Панкучуань карты Рихтгофена) с городом Сяннинчэн те же геологи встретили разрез, поясняющий соотношение всех трех молодых формаций Северного Китая (там же, 1927, фиг. 8).

На северном склоне хр. Цзишань, под толщей желтого лёсса, поднимающейся до водораздела, в оврагах местами вскрыты остатки темно-красных глин понта Р (формации Hipparion), лежащие на пермских и карбоновых пластах. В промежутках между ними и желтым лёссом, в особенности на окраине гор, залегает еще красный или красноватый лёсс S, часто богатый журавчиками, но, по-видимому, без базального конгломерата. Между желтым лёссом и красной глиной несогласие совершенно ясно, тогда как между первым и красным лёссом заметить его гораздо труднее и обе части кажутся сливающимися. Но в то время, когда желтый лёсс особенно развит на дне бассейна, красный преобладает на высотах, где он переходит в красную и оранжевую почву (*terres*), богатую крупными и бесчисленными известковыми конкрециями, которые местами сливаются в толстый панцирь на коренных породах.

Бассейн р. Сянинь весь окружен этими долёссовыми и послепонтическими глинами, которые ниже на склонах местами ясно уходят под желтый лёсс (там же, 1927). Эти исследователи находили в качестве фауны красного лёсса только *Helix*, *Siphneus arvicolinus*, *Struthiolithes*, но упоминают еще вероятных представителей ее: *Rhinoceros cf. sinensis*, *Lagotya plicidens*, *Equus* sp., найденных в базальном конгломерате желтого лёсса, очевидно вымытых из более древних слоев, затем *Machairodus*, *Hyæna ultima* в лёссовидной породе Южной Шаньси, определенные Зданским (256 видов), очевидно возраста санмен, наконец, *Canis Schlosseri*, *Paracamelus gigas* того же автора, происходящих из красных глин, но более юных, чем понт (там же, 1927).

Единственное наблюдение Рихтгофена, касающееся красного лёсса, указано выше; более многочисленные данные Лочи, также уже приведенные в начале очерка, скорее всего относятся к озерно-речной фации, и только купленный им *Stegodon insignis*, быть может, происходит из красного лёсса, а не из красных глин.

В моих дневниках красный лёсс отмечен уже в Северной Шаньси в целом ряде пунктов на пути из Чжеңдинфу в Тайфу (Обручев, 1900), от последнего до г. Убао на Желтой реке, затем на пути через Шэньси от

этой реки до Ордоса, но в особенности, на пути из Ордоса на юг через плато Шэньси—Ганьсу, где этот лёсс достигает наибольшей мощности и типичного развития. Эти наблюдения можно свести в такую общую характеристику: древнейший лёсс имеет светло-красный, красноватый, розовый или красно-желтый цвет; он менее порист и более твердый и хрупкий, чем желтый, легче распадается на угловатые кусочки. Его вертикальная отдельность менее совершенная, почему обрывы его нередко не отвесны. В общем он также неслоист, но его толща представляет перемежаемость более или менее толстых, от 15 до 50—80 см и более, горизонтов (*bandes*), более светлых и более темных, отграниченных друг от друга большей частью нерезко, а расплывчато. От кислоты он часто не вскипает, т. е. лишен извести, сконцентрированной в журавчиках, образующих отдельные горизонты и целые прослои в 0,3—0,6 м или рассеянных по всей массе, величиной от ореха до кулака, иногда до головы или даже до 0,3—0,7 м<sup>3</sup>, местами причудливых форм. Нередко более светлые горизонты особенно богаты ими, а в более темных породах изобилуют черные железисто-марганцевистые налеты.

Мощность этого лёсса различна — от 10—20 до 60—80 м и не превышает 150—200 м, так как лёсс подвергался размыву. Внизу толща лежит на базальном конгломерате, чаще же непосредственно на коренных породах, вверху ограничена неровной поверхностью, наклонной к современным долинам, с повышениями и понижениями. От вышележащего желтого лёсса красный большей частью отграничен не резко, расплывчато, но при взгляде издали ясно видно, что желтый лёсс залегает на неровной поверхности красного.

Из фауны у меня отмечен только *Helix*, но в сборе, определенном Стурани, его экземпляры не попали (вероятно потому, что из-за хрупкости рассыпались при многомесячной перевозке). *Cathais pulveratrix*, *C. pulveratricula*, *Metodontia* моих сборов, показанные у Стурани из древнейшего лёсса, происходят не из красного, а из нижних горизонтов желтого лёсса (Обручев, 1900).

В общем красный лёсс является образованием такого же генезиса, как и желтый, отличаясь от последнего цветом и, в связи с большей древностью, значительной деградацией, изменившей качество материала: большая твердость и хрупкость, меньшая пористость, сосредоточение извести в горизонтах журавчиков, железистые налеты на последних, — все это результаты воздействия атмосферной воды, просачивавшейся в лёсс. Красноватый цвет, сразу отличающий этот более древний лёсс от вышележащего желтого, может быть объяснен двояко: 1) во время его образования во впадинах Центральной Азии гораздо чаще, чем в настоящее время, т. е. на большей площади выступали красные, разных оттенков третичные и меловые песчаники, пески, глины и пыль, переносимая ветрами в Китай, была не желтой, как в настоящее время, а красноватой; 2) так как красный цвет существенно зависит от красных окислов железа, характеризующих климат жаркий и довольно влажный, вполне возможно, что покраснение лёсса произошло постепенно позже в течение более влажного климата, который был в Китае во время эпохи после отложения этого лёсса; размыв его, налегание желтого на размывтой неровной поверхности красного, доказывает большую влажность климата. Возможно, что обе причины имели место, но одновременно, и лёсс, отлагавшийся при сухом климате, был красноватый, и покраснение его еще усилилось в следующую эпоху, когда толща древнего лёсса размывалась. Перемежаемость более светлых и более темных слоев, наблюдаемая не везде и не в одинаковой степени, скорее может зависеть от различного качества при-

носимой пыли, чем от позднейшей деградации. Залегание этого лёсса на разных уровнях рельефа вплоть до водоразделов указывает, что он уже отлагался на неровной, т. е. размытой поверхности.

Относительно соотношения трех фаций формации санмен в бассейне р. Фынхэ Тейльяр и Лисан говорят, что вдоль оси долины — главным образом, песчаные озерно-речной фации, на склонах — преимущественно глинистые эоловой фации, а в верховьях (zone des racines) — грубые галечные, т. е. базального конгломерата.

Китайские геологи правильно считают, что формация санмен с ее тремя фациями моложе глин с Ниррагон и древнее желтого лёсса. Это вполне доказывается ее залеганием на размытой поверхности красных глин и налеганием желтого лёсса или его базального конгломерата на неровной поверхности санмен, а также фауной последней. Формация заполняет пробел во времени между нижнеплиоценовыми (верхнемиоценовыми) глинами и четвертичным желтым лёссом, скорее всего второй половины плиоцена.

**3. Формация хуанту — желтого лёсса.** После эпохи накопления осадков как эоловых в виде красного лёсса, так и озерно-речных в виде слоистых песков, мергелей, глин и галечников в бассейнах Санканхэ, Фынхэ и др. несомненно имела место эпоха размыва этих образований, что ясно доказывается несогласным налеганием желтого лёсса на неровной поверхности красного и присутствием во многих местах базального конгломерата под желтым лёссом, существенно, а часто исключительно состоящего из журавчиков, более или менее окатанных, вымытых из красного лёсса.

В этой формации можно различать 3 фации — бурных потоков, озерно-речную и лёссовую.

а) **Ф а ц и с ь б у р н ы х п о т о к о в** начинается эта формация хуанту, представляющая эпоху размыва формации красного лёсса, когда сухой климат сменился более влажным, вероятно с периодическим выпадением сильных ливнеобразных осадков, которые размывали склоны, покрытые красным лёссом, врезая в них овраги, а на дне долин отлагая более грубый материал, тогда как песок и ил уносились реками в море.

Эта фация представлена главным образом базальным конгломератом желтого лёсса, развитым не повсеместно, а на дне долин, тогда как на склонах желтый лёсс большей частью лежит непосредственно и несогласно на неровной поверхности красного.

В долине Желтой реки ниже Дунхуана, т. е. уже в начале нижнего течения реки, но выше последнего ущелья Санмен, в озеровидном расширении базальный конгломерат развит слабо. Тейльяр и Лисан дают два типичные разреза: у г. Линбаосян на песках с линзами песчаника, переполненного *Lamprotula* (формации санмен) лежит галечник до одного метра мощности, перемешанный с красноватым песком и содержащий остатки костей и также довольно крупные обломки песчаника с *Lamprotula*, доказывающие большую древность последнего. Выше следует однородный, но очень песчаный лёсс, чрезвычайно богатый раковинами *Helix*, с самого основания. Выше, по реке у г. Дункуан, такой же песчаный лёсс, в нижних 1—2 метрах, переходящий в слоистые пески, также содержащий *Helix*, подстилается серым галечником, настолько мощным, что он добывается в качестве балласта на железной дороге; местами он сцементирован внизу в песчаник и конгломерат. Галька большей частью мелкая, но иногда встречаются валуны размером до головы; здесь также найдена окатанная кость.

В долине р. Фынхэ выше г. Пинян, где она суживается в ущелье, врезанное в лёсс и коренные породы, те же геологи относят к формации лёсса верхние члены разрезов, начиная от плотных галечников, образующих карниз. Галечник достигает 8 м мощности. В других разрезах он, по-видимому, отсутствует или сливается с огромной толщей галечника санмен, если только последний в данном случае не представляет целиком фацию базального конгломерата лёсса, заместившего при размыве соответствующую фацию санмен.

Базальный конгломерат лёсса упоминают и другие китайские геологи, хотя не останавливаются подробно на его характеристике и, иногда смешивают его с фацией бурных потоков формации санмен. Действительно, в иных случаях только внимательное изучение состава и условий залегания может выяснить возраст, если нет фауны, а при наличии последней нужно еще обратить внимание, не находится ли она во вторичном залегании, будучи вымытой из формации санмен. Так, например, в разрезе Андерсона по Желтой реке ниже ущелья Санмен, упомянутого выше, в котором подлёссовые галечники с песками содержали крупные створки пресноводных моллюсков, часто поставленные вертикально, можно подозревать базальный галечник лёсса с фауной, вымытой из ущ. Санмен. В самом ущелье галечник в 5 м, подстилающий лёсс и налегающий на пески с *Quadrula*, *Cuneopsis*, скорее представляет базальный конгломерат желтого лёсса. Его уже упоминал Рихтгофен, например, в долине р. Фынхэ (Richthofen, 1877), нередко указывал Лочи, главным образом в долине Желтой реки, в районе Ланьчжоу, хотя здесь имеются и более юные галечники, покрытые новейшим лёссом. В иных случаях Лочи, по-видимому, не различает подлёссовые конгломераты от аналогичных фаций санмен.

Я также во время путешествия не раз наблюдал подлёссовые галечники или конгломераты, главным образом, в обнажениях более глубоких долин, т. е. на низших уровнях, например, в Восточной Шаньси при подъеме на хр. Вохушань, где в ущелье беспорядочно нагроможденные галечники, покрытые лёссом, содержат прослой лёсса в 1,5—2 м мощности (Обручев, 1900), более темного и твердого, менее пористого. Далее у с. Цзаса — галечник с прослоями слоистого песка, слоистого лёсса и неслоистого красно-бурого лёсса (Обручев, 1900). В Западной Шаньси в разных местах долин р. Онпинхэ (Обручев, 1900), в Северной Шаньси и Восточной Ганьсу на пути из Ордоса к р. Вейхэ во многих местах, затем в долине Желтой реки у Ланьчжоу, где по всем данным, кроме более твердого конгломерата формации санмен имеется более рыхлый подлёссовый (Обручев, 1900). В долинах между низкими цепями Восточного Наньшаня, под неслоистым лёссом местами появляются слоистый, с прослоями мелкой гальки, подстилаемый мелким галечником с более крупными валунами. По моим данным, подлёссовые галечники или конгломераты состоят не только из окатанных мергельных конкреций красного лёсса, но часто и из разнообразных коренных пород, иногда преобладающих.

Относительно фауны базального конгломерата данных мало. Тойльяр и Лисан указывают, что в нем нередко попадаются окатанные зубы и кости носорога, быка, грызунов, сильно минерализованные, но не всегда легко отличить их от вымытых из формации красного лёсса и красных глин. Конкреции фосфорита содержат обломки, большей частью черепов грызунов (*Myospalax*).

б) Ф а ц и я о з е р н о - р е ч н а я представлена так называемым слоистым лёссом Рихтгофена, который полагал, что этот озерный лёсс (Seelös) отлагался в центральных частях степных впадин, на склонах которых

одновременно происходило отложение неслоистого лёсса из продуктов выветривания коренных пород, слагающих окружающие высоты. Лёссовый материал смывался дождями со склонов и накапливался во временном или постоянном озере, занимавшем дно впадины, и поэтому получил как ясную слоистость, так и смешанную наземную и пресноводную фауну, а также обогащение солями (Richthofen, 1882). Но уже Лочи показал, что часть этих озерных лёссов древнее. Он причислил их к своей формации куэте верхнего плиоцена. Нельзя сомневаться, что многое из того, что Рихтгофен считал озерным четвертичным лёссом, относится к озерно-речной фации формации санмен. Но все-таки здесь не могут не быть и более поздние слоистые лёссы. По новым данным среди базальных галечников лёсса и над ними местами обнажаются слоистые пески и лёссовые илы, принадлежащие формации хуанту.

Тейльяр и Лисан считают представителями этой фации отложения южного Ордоса, обнаженные в берегах. р. Шараусугол, где в них собрана богатая фауна. Ниже Сяочао, где речка врезана каньоном до 65 м глубины, они видели следующий разрез (Teilhard et Licent, 1924, фиг. 10):

- |   |         |
|---|---------|
| 1) верхний торфяной слой с <i>Planorbis</i>   | } 15 см |
| 2) рыхлые пески с прослойками песчаника   |         |
| 3) нижний торфяной слой с <i>Planorbis</i>  |         |
| 4) рыхлые желтые пески с шнурочками песчаниковых конкреций — до 30 м;                                 |         |
| 5) глинистые тонкослоистые голубоватые пески с <i>Sphaeridium</i> — выклинивающийся слой в 2—3 м;     |         |
| 6) железистые ржаво-бурые или голубоватые пески — до 20 м;  |         |
| 7) глинистые тонкослоистые голубоватые пески с костями джигитая и другими, образующие линзы в слое 6. |         |

Толща очень богата костями млекопитающих, нередко в виде целых скелетов в линзах голубоватого песка, но чаще рассеянных в самих песках слоя 6; наиболее богатый горизонт на глубине 60 м от поверхности дал тысячи костей носорогов, слонов, лошадей, быков, газели, оленя, антилопы, верблюда, волка, гиены и др., а также много палеолитических орудий из кварцита — породы не местной. Кости часто разломаны человеком. Осколки яиц страуса обильны в слое палеолита, но еще больше в вышележащих песках. Носорога не находили выше слоя 3, т. е. в верхних 15 м, а также на древней почве степи. Исследователи находили обильные и хорошо обработанные неолитические кремневые изделия. В мощных песках разреза часто видно перекрестное наслоение, особенно над слоем с палеолитом. Это и полное отсутствие галечников заставляет считать эти пески не речными, а эоловыми.

К югу от с. Сяочао над равниной Ордоса поднимается широкий и плоский увал, сложенный из неслоистого желтого лёсса, который Тейльяр и Лисан считают одновременным с описанной слоистой формацией р. Шараусугол. С этим выводом можно согласиться, так как продукты размыва лёссовой толщи этой высокой гряды в виде слоистого лёссового ила перекрывают пески с фауной как по р. Шараусугол, так и по соседней к востоку р. Цзинбянь, что наблюдали Тейльяр и Лисан, а также я. Мне пришлось пересечь эту гряду дважды в разных частях маршрута, сначала с востока на запад на пути к Ордосу, а потом с севера на юг. В глубоких долинах, врезанных в гряду до коренных пород, вышеупомянутые эоловые пески с фауной отсутствуют, но сам лёсс менее песчаный, а сверху на перевале перед спуском к Ордосу на поверхности гряды я в нескольких местах видел скопления сыпучего песка, принесенного ветром из Ордоса.

В моем отчете на табл. XVIII и XIX виден каньон р. Шараусугол вблизи Сяочао, врезанный в разрез, приведенный выше, а на табл. XX — вид скалы, состоящей из слоистого лёссового ила, отложенного некогда этой речкой, вынесенного ею из лёссовой гряды и перекрывшего голубоватые пески с фауной. Но врезание речки на 65 м в свои прежние отложения скорее всего нужно объяснить молодым поднятием этой местности, т. е. неотектоникой (Обручев, 1900).

В слоях 6 и 7 разреза Тейльяр и Лисан собрали фауну, содержащую по их предварительному списку следующие формы: *Rhinoceros tichorhinus*, *Elephas primigenius*, *Bos*, *Bison*, *Equus hemionus*, *Gazella*, *Cervus* (2 или 3 вида), *Antilope* (с спиральными рогами) *Camelus*, *Lupus*, *Hyaena*, *Erinaceus*, *Talpa*, *Myospalax*, *Lagomys*, *Dipus*, осколки *Struthiolithus*. Вместе с костями в палеолитическом горизонте много мелких изделий из кварцита. В одной из линз глинистого песка нашлись скелеты семи экземпляров джигетая. Череп носорога *R. tichorhinus*, добытый раньше из этих слоев, я сам видел в 1893 г., но мог увезти только один из коренных зубов, а череп позже был отправлен в Европу и попал в музей г. Лувэн в Бельгии. Тогда же я узнал, что в одной буддийской кумирне в качестве предмета поклонения находится еще более крупный череп, возможно слона.

Западнее, по той же южной окраине Ордоса подобные же отложения известны между с. Цзиншуйин и Шуйдынкоу. В обрыве возле развалин укрепления Хунчжапу Шотт нашел череп *Rhinoceros tichorhinus* и кварцитовое орудие. В овраге р. Шуйдынкоу Тейльяр и Лисан видели над базальным конгломератом, состоящем здесь в виде исключения не из окатанных журавчиков, а из гальки и даже огромных валунов более древних пород, толщу лёсса более 20 м мощности, но более песчаного и перемежающегося со скоплениями ржаво-бурого или зеленоватого железистого песка со створками пресноводных моллюсков. В этой толще они добыли раскопками многочисленные палеолитические орудия и кости *Rhinoceros*, *Hyaena*, *Bos*, *Equus*, *Struthiolithes* (Teilhard et Licent, 1924).

На северной окраине Ордоса, в обрывах правого берега Желтой реки также должны залегать представители этой фации, судя по обнажениям в кирпичных ямах к северу от г. Баоту, где на красной глине залегает песчаный лёсс в 20 м, содержащий мергельные прослои с *Limnaea*, *Planorbis* и несогласно покрытый галечниками террасы (Teilhard et Licent, 1924).

в) Ф а ц и я э о л о в а я представлена типичным желтым лёссом. Качество этой породы настолько известны по описаниям из различных местностей земного шара, что мы можем ограничиться некоторыми замечаниями относительно цвета, состава, мощности и наслоения. Хотя господствующим цветом является серовато-желтый, но при сравнении образцов из разных местностей Китая легко уловить значительные вариации оттенков от светло-серого и желтовато-серого до буро-желтого, красновато-желтого и даже красно-бурого. Тейльяр и Лисан называют цвет лёсса просто серым, но это неправильно, так как термины *gelberde*, «желтозем», «хуанту» говорят о желтом, бросающемся в глаза цвете породы. Обилие оттенков понятно, так как обширная площадь разветвления Центральной Азии, дававшая золотой материал, имеет в разных своих частях различный геологический состав и при общем однообразии пылевых и мелкопесчаных частиц в качестве продуктов выветривания и разветвления коренных пород и наносов (в виде новейших речных озерных и наземных образований) вариации в цвете уносимой ветрами пыли должны были иметь место не один раз.

Состав лёсса как химический, так и гранулометрический также не вполне однообразен. К сожалению, в моем распоряжении нет более новых анализов китайского лёсса, старые же не обильны, а мои многочисленные образцы лёсса из разных мест Северного Китая еще не подверглись обработке. Прежде всего нужно отметить более или менее сильную песчанность лёсса по всей северной окраине области его развития, что отмечали и другие исследователи. Она вполне понятна, так как в ближайшем соседстве с областью сыпучих песков в южной части Центральной Азии пыль, приносимая оттуда ветрами на юг, конечно, должна была быть более богата песчинками, которые, как более тяжелые, оседали в наибольшем количестве в ближайшем поясе степей, обогащая образовавшуюся эоловую почву этим материалом. Чем дальше от границ Центральной Азии, тем меньше в лёссе этих песчинок и тем больше мелких пылеватых. Исключения составляют местности, где перевевание современных речных или озерных наносов и пролювия могло примешивать к пыли, приносимой издалека, более грубые песчинки местного образования. Так, например, склоны долины Желтой реки ниже г. Дунхуан, по данным Лочи, сложены из лёсса, в котором много зерен, имеют диаметр 0,1—0,15 мм и средний диаметр их примерно вдвое больше, чем в лёссе Гейдельберга. Анализ показал большое содержание полевого шпата (Loczy, 1893).

Прослой грубого материала — гравия, гальки, и щебня с песком — в лёссе нередки и давно уже отмечены и правильно объяснены Рихтгофеном в качестве осадков сильных дождей, смывавших более грубые продукты с соседних вышележащих мест, где обнажаются коренные породы и элювий. Но в лёссе Восточной Ганьсу и Северной Шаньси, покрывающем мощным пластом залегающие горизонтально осадочные коренные породы и слагающем все самые высокие части рельефа, я нигде не заметил прослоев этого грубого материала в лёссе, а только редкие и тонкие прослой окатанных журавчиков, вымытых из более древнего красного лёсса, на размытой поверхности которого отлагался желтый.

Журавчики в желтом лёссе встречаются то часто, то редко и распределены или рассеянно порознь более или менее скудно по всей толще, или же сосредоточены в отдельных горизонтах. Эти беловатые или желтоватые глинисто-известковые конкреции, часто еще сохранившие пористость лёсса, представляют продукт отложения атмосферными водами, просачивавшимися в лёсс и отлагавшими известь вокруг каких-нибудь центров: раковина или ее обломок, кусочек кости или осколок яйца страуса, вероятно, являлись такими центрами. При их отсутствии известь отлагалась в отдельных горизонтах самого лёсса, изменяя немного его цвет на более светлый, беловатый и создавая то нерезкое чередование более светлых и более темных, нередко, ограниченных слоев, местами замечаемых в толще лёсса.

Мощность желтого лёсса, по мнению китайских геологов, прежние исследователи преувеличивали. Рихтгофен предполагал, что в степных котловинах Центральной Азии лёсс достигает мощности 600 м. Лочи указывал уже, что в провинции Ганьсу мощность лёсса едва ли более 50—70 м (Loczy, 1893). В обрывах, доступных измерению, он находил 40—50 м и говорил, что колодцы в лёссе нигде не были глубже 35 м. Я определил возможную максимальную мощность лёсса на южной окраине плато Ордоса, у границ провинций Восточной Ганьсу и Северной Шаньси, где лёсс поднимается в виде ясно выраженного плоско-волнистого хребта, носящего на картах название Пейнула, сплошь покрытого лёссом. Коренные породы выступают у его северного подножия в Ордосе на абс. высоте 1200 м, а на южном склоне его — на высоте 1240 м; на перевале через

хребет лёсс лежит до высоты 1730—1800 м. Таким образом, если предполагать, что весь хребет сложен из лёсса, то мощность последнего может достигать от 470 до 560 м. Но более вероятно, что в самом хребте коренные породы поднимаются выше, скрываясь под лёссом, и эти выходы их на окраине плато Ордоса и явились первопричиной накопления лёссовой пыли, препятствуя свободному переносу ее дальше на юг. Поэтому мощность лёсса должна быть меньше и ее можно предположить не свыше 300—400 м. Точный ответ может дать буровая скважина, заложённая на перевале, вблизи которого самые глубокие овраги врезаются в лёсс только на 40—50 м. Далее на юг с удалением от Ордоса, первоисточника пыли, мощность постепенно уменьшается все больше и больше, под желтым лёссом выступает красный и в районе г. Цзиньянфу первый имеет не более 100—150 м мощности и еще дальше к долине р. Вейхэ она не больше 50 м, что совпадает с данными Лочи, который видел только часть Восточной Ганьсу ближе к северному подножию хр. Цзинлиншань. В долине р. Сининхэ лёсс имеет 40—50 м мощности.

В более расчлененных областях Северного Китая — Шаньси, Чжили — мощность лёсса также невелика, я оценивал ее в 50—100 м. Андерсон для провинций Чжили, Шаньси, Хонань и Шаньдун указывает мощность в 50—60 м, что согласуется с данными других исследователей. В оазисах Западной Ганьсу она еще меньше — от 2 до 10 м, но на северном склоне передовых цепей Наньшаня увеличивается, по Лочи, до 60—70 м и достигает той же цифры в долинах между хребтами.

Погребенные почвы в лёссе, подобные таковым на Украине, в Китае отсутствуют, никто из исследователей о них не упоминает, и я их не видел нигде, несмотря на большое число осмотренных хороших обнажений. Это показывает, что эпоха накопления желтого лёсса не прерывалась заметно эпохами увлажнения климата, которые могли бы обусловить накопление растительного перегноя в почве сухой степи (Loczy, 1893).

Фауна лёсса в общем не богата и распределена в его толще очень скупо. Главную роль играют наземные моллюски родов *Helix*, *Pupa*, *Succinea*, *Cathaica*, *Metodontia*, *Zua*, *Eulota*, *Buliminopsis*, давно уже описанные Хильбером из сборов Лочи и Стурани из моих, Мартеном из сборов Потанина. Не перечисляя их здесь, отметим только, что многие виды живут и теперь в тех же местах, где собраны описанные, а другие живут теперь южнее и среди живущих теперь не найдены, что, конечно, может быть объяснено неполнотой сборов и недостаточным знакомством с малакологией Китая.

Из позвоночных чаще всего встречаются млекопитающие, но эта фауна бедна и видами и экземплярами. Всего чаще, по Андерсону, находят бивни и зубы слона, но не мамонта, а может быть *Elephas meridionalis*, найденного впервые в аллювии долины Нарбада в Индии совместно с двумя видами гиппопотама и разных других млекопитающих. Достоверно известны из лёсса *Rhinoceros aff. simis*, *Ovis sp.*, *Hyaena sp.*, *Ursus sp.*, череп бобрового *Sus sp.* Единственный случай небольшого скопления костей в лёссе обнаружен Зданьским в Юго-Западной Шаньси близ Юаньчжусяня на Желтой реке, где в нижней части толщи, около 3 м над базальным конгломератом найдены *Hyaena*, *Equus*, *Cervus* и черепаха. Из остатков птиц найдены только яйца *Struthiolithus*, как в виде осколков, так и целые, иногда два и более рядом. Это указывает несомненно на эоловые образования лёсса, так как гнездо с яйцами, очевидно, было засыпано лёссовой пылью во время бури, что воспрепятствовало птице найти и высидеть яйца, а последнее предохранило от случайного разбития. Но Тейльяр и Лисан в фауне лёсса Южного Ордоса, кроме рако-

вин *Helix*, *Pupa*, находили кости носорога и лошади на глубине 20 м от поверхности; из местности к югу от Сяочао им доставили череп оленя (*Alces*) и обломок черепа аргали. Они говорят, что кости в лёссе вообще редки, белы и разрыхлены (*friables*).

В заключение отметим, что в формации хуанту известны и остатки человека, именно: орудия палеолита, упомянутые выше, найдены в озерно-речных отложениях по р. Шараусугол в Южном Ордосе — в самых нижних горизонтах лёсса соседних высот, а также в базальном конгломерате. Тейльяр и Лисан сообщили, что вблизи г. Юфанту в Южном Ордосе они нашли в этом конгломерате 6 палеолитических изделий из кварцита и заключают, что человек жил в Северном Китае уже до начала эпохи образования желтого лёсса и продолжал еще жить в начале эпохи, когда отлагались осадки р. Шараусугол. В верхних же горизонтах лёсса и на поверхности древней почвы степи попадались в изобилии только хорошо обделанные орудия неолита (Teilhard et Licent, 1924). В истории человека здесь имеется крупный пробел, соответствующий главной эпохе отложения желтого лёсса.

**4. Формация эпохи панчжяо, или послелёссовая.** Юные континентальные отложения Северного Китая еще не оканчиваются формацией желтого лёсса. Если отнестись последнюю к среднему плейстоцену или времени максимального оледенения, то верхний также должен иметь каких-нибудь представителей. Уже Рихтгофен указал, что лёсс отлагался в Китае в то время, когда эта страна принадлежала еще центральной области Азии, т. е. была лишена стока вод в океан. Но теперь она имеет сток, присоединена к периферической области, в связи с чем произошло и продолжается глубокое расчленение мощной лёссовой толщи. Последнее не могли не замечать и все позднейшие исследователи Китая. И так повторялось то, что уже произошло после эпох отложения красных глин с фауной гиппариона и красного лёсса, т. е. смена накопления отложений гиппариона размывом их, свидетельствующим о значительном изменении климата с увеличением количества атмосферных осадков.

Этой эпохе принадлежат новейшие отложения на дне и склонах современных долин, прислоненные к поверхности размыва как формации хуанту, так и более древних — санмен, гиппарион, а также пород мезозоя и палеозоя. Андерсон (Anderson, 1923) обозначил их термином *re-deposited loess*, т. е. персотложенный лёсс, и говорит, что они представляют лёсс, перемежающийся с галечником, имеющий очень ограниченное распространение и характеризуемый быстрой и неправильной сменой наслоения. Внезапно появляются толстые слои галечника, в котором галька гораздо обильнее, чем в типичном лёссе. По его мнению, все указывает, что в этой формации сила воды играла преобладающую роль, а ветер только второстепенную.

Уже у Рихтгофена и Лочи можно найти сведения об этих молодых делювиальных и аллювиальных отложениях, а в моем отчете они многочисленны. По моим наблюдениям, лёсс этого возраста не отличается от типичного по составу, но в случае перемежаемости с слоями песка и галечника имеет небольшую мощность. К тому же возрасту относится и самый верхний горизонт типичного лёсса в тех местах, где он продолжал отлагаться и отлагается до сих пор без перерыва — на дне широких долин, существовавших уже в эпоху малянь, на поверхности лёссовых увалов и плато. В деталях соотношения изучены еще мало. Лочи (Loczy, 1893) говорит, что вокруг г. Сианьфу в долине р. Вейхэ неровно-волнистая лёссовая равнина прорезана дорогами в 2—3 м глубины и до 50—80 м ширины, в стенках которых виден однообразный сверху до низу типич-

ный лёсс с вертикальными трещинами и ракушками *Helix*. Но обилие глиняных черепков и обломков кирпича до глубины 1—1,5 м доказывает его образование уже после основания этого города, т. е. в историческое время. Тут же попадаются четырехугольные полости в лёссе, на стенках которых ясно видны отпечатки гробовых досок, а внутри иногда еще сохранились ислевшие обломки их и кальцинированные кости. Этот верхний слой лёсса в 1,5 м ничем не отличается от залегающего глубже, содержит те же раковины и не обнаруживает никаких признаков перекапывания человеком. По китайскому обычаю толсто-стенные гробы с покойниками не опускаются в могилы, а оставляются на поверхности земли и, не всегда, закрываются только насыпным холмиком земли. Следовательно нахождение остатков этих гробов на глубине 1—1,5 м служит прямым доказательством нарастания лёссовой почвы эоловым путем. Точных данных о возрасте этих погребений еще нет, но город Сианьфу существует уже более 1000 лет, и в его районе выкапывают из лёсса бронзовые изделия, имеющие 2000 лет (Обручев, 1900). Очевидно, что и известный несторианский памятник 781 г. н. э. в виде большой плиты с китайским и сирийским текстами, выкопанный с глубины нескольких футов в 1625 г. вблизи г. Сианьфу, был перекрыт эоловым лёссом (Обручев, 1900).

Необходимо заметить, что и поверхностный слой лёсса не отличается по своему цвету от глубже лежащего, т. е. не окрашен заметно гумусом. Это вполне определенно указал Лочи, заметив, что в Венгрии даже в песчаных местностях имеется слой растительной земли, хорошо отличимой от подпочвы. Я также нигде не видел темной растительной земли, покрывающей типичный лёсс, разве только местами замечен несколько более серый оттенок лёсса вблизи его поверхности. Но кое-где темная растительная земля известна и в Северном Китае. Рихтгофен упоминает, что в степных котловинах Монголии, на границе с Китаем в районе Калгана поверхностный слой почвы окрашен гумусом в бурый цвет и только в рывинах можно видеть, что почва представляет лёсс (Richthofen, 1882). Он же говорит, что в Южной Манчжурии имеются торфяники, которые эксплуатируются туземцами (Richthofen, 1882). Андерсон описал торфяники Пекинской равнины, залегающие на глубине 1,8—4,6 м от поверхности, достигающие 0,2—1,25 м мощности и покрытые слоем ила и лёссовидной почвы, т. е. не являющиеся современным образованием. В торфе одного месторождения и непосредственно над ним найдены остатки мелких парнокопытных, вероятно, оленя, коровы, свиньи, а также собаки и крупных рыб. Особенно замечательна находка почти полного черепа буйвола; в слое над торфом найдены бронзовые, костяные и железные изделия и горшечные черепки. Судя по железным изделиям, эти торфяники существовали еще во времена Ханской династии или немного раньше. Но в слое над торфом другого месторождения и даже довольно высоко (он имеет здесь 5,6 м) на глубине 2,4 м от поверхности найдены полированные каменные топоры и долота, откуда следует, что в этом месте торфяник еще древнее (Anderson, 1923).

В переложенном лёссе фауна найдена в провинции Чжили и Жехэ. Среди остатков наиболее часты рога большого оленя и черепа барана с более толстыми рогами, чем рога любых ныне живущих видов. Найдены также рога и часть черепа *Bos* sp. Прекрасный череп *Rhinoceros antiquitatis*, купленный в китайской лавке в г. Чжаоянсянь в Жехэ, может быть найден в этом лёссе, но, может быть, происходит из древнего первичного лёсса, по замечанию Андерсона (Anderson, 1923). Последнее кажется наиболее вероятным. В некоторых пещерах Западных гор Пекина

этот геолог нашел немногочисленную фауну млекопитающих, которую он относит «вероятно к послелёссовому возрасту». Среди них наиболее интересны остатки дикообраза (*Hystrix*), принадлежащие экземплярам более крупных размеров, чем ныне живущие; в настоящее время дикообраз водится в Китае только южнее р. Янцзецзянь, а в провинции Хонань он найден в ископаемой форме вместе с остатками раннего неолита, но также меньших размеров и описан Ленбергом как *Hystrix Lagrelei* n. sp. Вышеуказанная фауна торфяников Пекинской равнины также принадлежит новейшему, даже историческому времени (Anderson, 1923). Как находка дикообраза, живущего ныне в жарком и влажном климате, так и эти торфяники указывают, что в Северном Китае в послелёссовое время климат был теплее и влажнее, чем теперь, во всяком случае в местностях, ближайших к морю.

Фации этой послелёссовой формации еще мало изучены. С уверенностью можно сказать, что имеются следующие фации.

а) Эоловая — лёсса и песков. Образование типичного эолового лёсса продолжается и в настоящее время и, очевидно, не прерывалось и в самом начале послелёссовой эпохи, несмотря на изменение климата; иначе мы должны были бы видеть хотя бы небольшой слой погребенной почвы в лёссе на некоторой глубине от современной поверхности.

Такой современный лёсс мы уже упоминали из окрестностей Сианьфу, где погребенные в нем черепки и засыпанные им гроба доказывают его молодость. Но наблюдать его можно повсюду — на поверхности современных лёссовых плато и на склонах оврагов и речных долин, где можно видеть перемежаемость слоистых песков, галечников, слоистого и неслоистого лёсса. Сыпучие пески также представляют эоловую фазию послелёссовой формации. На высотах, окаймляющих с юга Ордос, можно видеть скопления мелкого сыпучего песка поверх лёссовой толщ (Обручев, 1900) в виде бугров, откосов, кос, рядом с буграми развевания лёсса. То же наблюдал и Зданьский в Северо-Западной Шаньси недалеко от Желтой реки (Zdansky, 1923), и такое перекрытие лёсса свежими песчаными надувами распространено по всей северной окраине страны лёсса там, где по соседству имеются сыпучие пески. Мне кажется, что это указывает на новое ухудшение климата, обусловившее надвигание области песка на область лёсса.

б) Делювиальная фация, представляющая лёсс, перемещенный вниз по склонам в связи с процессами смыва, частью и переваливания.

в) Аллювиальная фация — отложения продуктов размыва как лёссовой формации, так и более древних на дне и нижней части склонов речных долин в виде слоистого лёсса (лёссового ила), песков и галечников. Прекрасные примеры этой фации мы знаем на южной окраине Ордоса, где в каньоне р. Шарасугол, к югу от Сяочао, вышеописанные пески с богатой фауной перекрыты толщей в 20—27 м ясно-слоистого твердого лёссового ила, очевидно смытого с расположенных южнее высоких грив пограничного хр. Пейнула, состоящих из первичного мощного лёсса. Эти отложения описаны мною (Обручев, 1900), а также Тэйльярром и Лисаном (Teilhard et Licent, 1924). Но эти отложения скорее относятся к самому началу послелёссовой эпохи, так как каньон речки врезан уже в них, и на дне его можно видеть террасы, сложенные из еще более молодых слоистых наносов. Тэйльярр и Лисан местами насчитали 6 террас по 3—4 м, каждая из которых начинается базальным галечником, содержащим смесь вымытых из более древних песков окаменелостей и сов-

ременных предметов — костей, черепков и пр., и состоит из твердого слоистого лёссового ила.

Следовательно, р. Шараусугол врезалась периодически (до 6 раз) в связи с понижением базиса эрозии или поднятием верхнего денудационного уровня (что доказывало бы молодые поднятия пограничного хр. Пайнула или же увеличение количества осадков), причем каждый раз врезание сменялось накоплением новых наносов, начинавшимся галечником и кончавшимся лёссовым илом.

К той же фации принадлежат грубые галечники, образующие террасы в 100 и 50 м на южной окраине Западного Ордоса, описанные Тейльяром и Лисаном вокруг г. Хунчен и гор Аршанула, хотя часть этих отложений может быть древнее.

г) Т о р ф я н а я ф а ц и я в виде редкого исключения — встречается на Пекинской равнине, как описано выше.

д) Ч е р н о з е м н а я ф а ц и я отмечается в виде верхнего слоя почвы в котловинах южной окраины Монголии. Она свидетельствует о большой влажности современного климата в этой части Центральной Азии.

е) П е щ е р н а я ф а ц и я с костями различных животных также упомянута выше.

В общем, рассмотрение послелёссовых образований приводит к выводу, что эпоха сильного размыва, сменившая сухую лёссовую эпоху с отложением мощного желтого лёсса и создавшая сложное расчленение толщи последнего, снова сменилась эпохой накопления, прерывавшейся неоднократно более короткими веками размыва. Обусловлены ли были эти колебания только периодическим увеличением количества осадков или же движениями земной коры, увеличивавшими уклоны долин и усиливавшими размыв, или же тем и другим факторами совместно — еще не выяснено. Отметим только, что в настоящее время накопление преобладает над размывом, судя по тому, что на самом дне современных долин мы редко видим выходы коренных пород, обыкновенно уже скрытые под наносами, как указывал Андерсон (Anderson, 1925).

**Физико-географические стадии новейшей истории Китая** также уже намечены новыми исследованиями с большей детальностью, чем раньше. Впервые наметил их Рихтгофен, который различал следующие три последних климатических периода: 1. П е р и о д э р о з и и, в течение которого поверхность страны получила, благодаря эрозии и денудации, в главных чертах те формы рельефа, которыми она обладает и под лёссовым покровом. 2. С т е п н о й п е р и о д, в течение которого центрально-азиатские солонцовые степи распространились на Северный Китай и 3. Л ё с с о в ы й п е р и о д, т. е. эпоху современного климата и обусловленное ее влажностью превращение степной страны в лёссовую (Richthofen, 1882).

Рассматривая причины этих изменений, Рихтгофен находил, что осушение климата, обусловившее распространение степей на Северный Китай и заполнение лёссом горных долин и котловин, согласно его взглядам на генезис лёсса, было вызвано отступанием моря и поднятием горного барьера в виде двух или даже трех цепей (Ляодун — Восточный Шандун, Корея — Киушиу и Киушиу — Тайвань), которые перехватывали влажные морские ветры. Затем, увлажнение климата и размыв лёссовой толщи был обусловлен продолжающимся еще и теперь погружением этого барьера, облегчившим морским ветрам доступ внутрь Северного Китая. Что же касается времени этих смен, то Рихтгофен считал, что степной период соответствует ледниковому периоду Европы. Но при переходе его в лёссовый не имело места потепление климата, судя по

отсутствию ледников в Китае и по тому, что моллюски, находимые в верхней части лёсса, живут и теперь в тех же местах (Richthofen, 1882).

Уиллис для неогена и плейстоцена в Китае различал 4 периода: 1. цикл пейтай, в течение которого еще существовал очень древний пенеплен, созданный длительными процессами эрозии и денудации, 2. Стадия тансянь, наступившая вследствие эпейрогенических движений, омоложивших эрозию, которая создала зрелые формы рельефа с широкими долинами и возвышениями, редко более 300 м относительной высоты. 3. Стадия хинчжоу, в течение которой страна была скрыта под лёсом, продуктом выветривания пустынь Центральной Азии, откуда он был вынесен главным образом реками. 4. Стадия фынхэ — современная, обусловленная эпейрогеническими движениями и разломами, охватившими Центральную Азию и создавшими бассейны и грабены, плато и горные цепи, что естественно сопровождалось усилением эрозии и размывом лёсса (Willis and Blackwelder, 1907).

Итак, в противоположность Рихтгофену Уиллис принимает не погружение горного барьера на востоке в качестве последних движений, обусловивших современную стадию размыва лёсса, а поднятие самой страны.

В своей статье о лёссе, опиравая выводы Рихтгофена, я высказал мнение, что климат Северного Китая и в настоящее время достаточно сухой, а местность представляет степи, так что лёсс может продолжать свое образование. В существовании горного барьера на востоке нет надобности; степных котловин, заполненных лёссом, в Северном Китае никогда не было; климат лёссовой эпохи был разве немного суше современного.

Китайские исследования внесли и в этот вопрос большую ясность и определенность. Принимая во внимание постепенное развитие и уточнение наблюдений и сглаживая некоторые противоречия в отношении времени, выводы Андерсона, Барбура, Ванга, Ии, Лисана и Тейльера можно свести в следующую схему.

За Орогенной фазой складчатости верхнелёссового времени в эоцене началась денудация этих складок и образование полупенеплена с сохранившимися еще низкими антиклинальными грядами и синклинальными долинами; это стадия Л ю л я н.

В стадию Т а н с я н ь, обнимающую олигоцен и миоцен, на поверхность старых форм эрозии местами излились покровы базальта в связи с вулканическими извержениями. В миоцене отложения олигоцена подверглись небольшой складчатости; усиливавшаяся эрозия создала формы значительной древности.

Стадия красной глины с гиппарионом, соответствующая нижнему плиоцену: на более пологих склонах из остатков выветривания предшествующей стадии образовались субаэральные (пролювиально-эоловые) красные глины, местами с богатой фауной млекопитающих, в условиях теплого, но уже довольно сухого климата; на дне долины — галечники Фынхэ, Хонана, Шаньси и в озерных условиях — слоистые глины с *Melania*.

Стадия С а н м е н началась легкими эпейрогеническими движениями, местами с сбросами; усилившаяся эрозия (при увлажнении климата) расчленила и во многих местах уничтожила покров красных глин. Поворот в сторону большей сухости климата обусловил накопление осадков в виде галечников озерно-речной фации, богатой фауной, и красного эолового лёсса с бедной фауной; средний и верхний плиоцен.

Стадия Ф ы н х э, нижний плейстоцен. Эпейрогенические движения и увлажнение климата обусловили усиление эрозии и размыв отложений санмен до различной глубины, местами с образованием кань-

онов. В Ганьсу долины врезались до 500 м в прежнюю поверхность пене-плена с образованием нескольких террас из галечников и песков (1925).

**Стадия Малан**, средний плейстоцен. Поворот климата в сторону сухости и холода обусловил ослабление эрозии и накопление галечников (базальных, под лёссом), затем мощных толщ эолового желтого лёсса в Китае и сыпучих песков в Центральной Азии. В начале лёссовой эпохи в Китае уже существовал человек древнего палеолита. В лёссе довольно разнообразная степная фауна. Заполнение долин лёссом, образование почти равнины.

**Стадия Панжао**, верхний плейстоцен. Увлажнение климата, небольшие эпейрогенические движения и сбросы обусловили усиление эрозии, размыв толщи лёсса и более древних формаций, местами с образованием каньонов и террас, отложением речных наносов и снесенного лёсса. Образование эолового лёсса не прекратилось, но ослабло. Человек неолита. Начало торфообразования в районе Пекина.

**Стадия Хуанхэ**. Местные эпейрогенические движения; уменьшение влажности ослабило эрозию и размыв вглубь. Накопление речных отложений в долинах; некоторое усиление отложений эолового лёсса, а по соседству с Центральной Азией — сыпучих песков поверх лёсса. Погребение торфяников Пекинской равнины под наносами. Местами врезание долин (Шараусугол на окраине Ордоса). Историческое время.

В дополнение к этой схеме заметим, что стадию Санмен, обнимающую средний и верхний плиоцен, следовало бы также разделить на две — на эпоху размыва и эпоху отложения — подобно тому, как следующее время нижнего и среднего плейстоцена отнесено к стадиям Фынхэ — размыва и Малань, — отложения. Точно так же очень длинная стадия Тансянь со временем наверно будет разделена. От нее теперь уже можно отделить эпоху верхнего миоцена, когда начался размыв предшествующих отложений, приведший к образованию форм поверхности, на которых отлагались глины с гиппарионом, и к условиям, способствовавшим накоплению этих глин. С этими разделениями схема получит большую стройность и законченность.

### Развитие лёсса в Северном Китае,

До изложения взглядов на генезис китайского лёсса необходимо вкратце указать распространение этой почвы по стране. В статье о происхождении лёсса (Обручев, 1900) я уже указал три типа лёссовых стран Китая.

1. Тип горной страны с параллельными горными цепями и промежуточными долинами; последние и склоны гор покрыты лёссом. К этому типу принадлежат северные части провинций Чжили и Шаньси, Хонань, западная часть Шаньдуня, северный склон Цзиньлиншаня, примыкающая с севера долина р. Вейхэ с окаймляющими ее с севера цепями и Восточной Наньшань.

2. Тип столовой страны, расчлененной разломами и эрозией на ступени; более или менее значительные толщи лёсса лежат на всех ступенях, даже самых высоких. Этот тип представлен в большей, южной части, провинции Шаньси и в соседней части провинции Шэньси.

3. Тип малорасчлененной равнины, покрытой мощным лёссом. Он представлен в северной части провинции Шэньси и восточной части провинции Ганьсу, окаймляющих с юга Ордос, и постепенно переходит на ЮЗ и ЮВ с приближением к Желтой реке во второй тип, а на юг, с появлением складчатых цепей, — в первый тип.

Все три типа изображены на разрезах в первой статье о лёссе (Обручев, 1900). Мощность лёсса в первом типе, наблюдаемая в настоящее время, от 20 до 40—50 м, во втором — немного больше, а в третьем — предположительно до 400 м, как сказано выше. Впрочем, в местностях первого и отчасти второго типа, где толща лёсса лежит на неровной поверхности и где она не могла полностью с nivelировать уклоны долёссового рельефа, можно предполагать смыв известной части этой толщи, т. е. уменьшение ее первоначальной мощности, недостаточно компенсированное позднейшим отложением. Выяснение этого требует более детального изучения верхних горизонтов лёсса, еще не выполненного. До сих пор штатные геологи китайского комитета были заняты выяснением стратиграфии и тектоники более древних отложений, с которыми связаны месторождения полезных ископаемых, и на изучение лёсса не имели времени. Тейльяр и Лисан имели возможность заняться этим вопросом и сделали много наблюдений, которые увеличили еще сборы Барбура и Андерсона.

### Генезис лёсса красного и желтого и глин с гиппарионом.

Рассмотрение этого вопроса, по необходимости сжатое, начнем с желтого лёсса.

Пёмпелли (Pumpelli, 1886), первый из европейских геологов, посетивший лёссовую область Китая, считал лёсс отложением обширных озер, через которые протекала Желтая река, направлявшаяся в эпоху лёсса прямо от г. Нинся к Пекину и осаждавшая в озерах ил своего верхнего течения и своих притоков. Виллиамсон распространил эту гипотезу и на провинцию Шаньси, предполагая, что река, начиная от Ордоса, делилась на 5 рукавов, проходивших через озера. Кингсмилл, оспаривая золую гипотезу Рихтгофена, предполагал, что восточная часть Китая сначала погрузилась в море, которое отложило лёсс на разных высотах, а затем опять поднялась. Несостоятельность этих гипотез, доказываемая строением лёсса и его фауной, была разъяснена Рихтгофеном (Richtshofen, 1882), который предложил свою известную золую гипотезу степных впадин, заполненных продуктами выветривания коренных пород, сносимых ветром и водой с их склонов. Пёмпелли присоединился к ней, но указал другие источники пыли, образовавшей толщи лёсса (Pumpelli, 1879), которые Рихтгофен также признал в позднейшей части своего труда (Richtshofen, 1882).

Лочи собрал новые данные в пользу этой гипотезы из местностей, не посещенных Рихтгофеном, и отметил, что лёсс, как продукт выпадения мельчайшей пыли, отлагается вдали от наиболее сухих областей, в местностях, обладающих в общем небольшой влажностью и травяной растительностью (Loczy, 1893). Он указал также на очень важный фактор, поднимающий пыль в атмосферу, в форме смерчей (Loczy, 1893). Богданович (1892), изучая Таримский бассейн и окружающие горы, также принял золую гипотезу происхождения лёсса и отметил некоторые особенности в его накоплении и распределении в Центральной Азии. Мои наблюдения привели меня к полному присоединению к золотой гипотезе, но к иному определению источника и распределения лёссовой пыли и способа ее отложения, сравнительно с Рихтгофеном (Обручев, 1900). Значительно позже я вернулся подробнее к этому вопросу. Райт, посетивший Северный Китай, в отношении типичного лёсса присоединился к Рихтгофену, отвергнув ледниковую гипотезу, но источником пыли признал отложения моря Хан-Хай, существовавшего еще в ледниковый

период и покрывшего огромные площади Азии. Уиллис, видевший значительную часть Китая, но не побывавший в Центральной Азии, пытался сильно сузить роль ветра в отношении приноса пыли.

Из европейских путешественников, наблюдавших лёсс в Китае, сторонниками эоловой гипотезы, в защищаемой мною форме, безусловно, являются Тафель (Tafel, 1914) и Шмитхеннер (Schmithenner, 1925). Кантер, давший сводку наблюдений и выводов разных исследователей, доказывал, что уже Рихтгофен постепенно склонялся к тем же взглядам, но в менее определенной форме (Kanter, 1922). Китайские геологи не высказывались подробнее о генезисе лёсса и, склоняясь в большинстве к эоловой гипотезе, не разбирали ее по существу. Некоторые из геологов, например, Андерсон, (Anderson, 1925), приводят факты, которые не согласуются с ней, а другие отдают предпочтение гипотезе Уиллиса. Последняя совершенно не выдерживает критики, как увидим ниже, тогда как эоловая в моем изложении подтверждается новейшими исследованиями.

В настоящее время вполне установлено, что в Центральной Азии мощного типичного лёсса нет, а почва степных впадин, которые Рихтгофен считал котловинами и долинами, созданными в предшествующую эпоху и затем заполненными лёссом в несколько сотен метров мощности, представляют или почти сплошные выходы древних коренных пород, окаймленные продуктами их выветривания и пролювием, или же толщи континентальных отложений юрского, мелового и третичного возраста, более или менее расчлененные эрозией и развеванием.

В небольшом развитии маломощный лёсс, содержащий большее или меньшее количество щебня и гравия, можно встретить и на склонах более высоких горных цепей Центральной Азии, например, в Восточном Тянь-Шане и Монгольском Алтае, где несколько большее количество атмосферных осадков создаст более густой растительный покров, могущий удерживать приносимую ветрами пыль, а расположение склонов относительно господствующих ветров позволяет пыли осаждаться на них. По окраинам Центральной Азии — на севере — в Хангае и Кентее, на востоке — в Большом Хингае, на юге — во впадинах земли Чахаров, на склонах цепей Иншаня, в хр. Алашанском, на северных склонах Наньшаня и Куэньлуня, на восточном склоне Памира — лёсс становится мощнее и чище, достигая часто нескольких метров, а в благоприятных местах даже 60—70 м мощности.

Все местности, где залегает более мощный лёсс, представляют степи с достаточно густой растительностью из различных злаков и полыней, защищающих почву от развевания и собирающих выпадающую из воздуха пыль. В этом легко убедиться, прогулявшись по такой степи в сухую погоду взад и вперед в высоких сапогах, которые покрываются густой пылью, сметаемой ими с растительности. Рассматривая внимательно растения степи, легко заметить, что стебли и листья трав, полыней и других видов флоры в большинстве не гладкие, а шероховатые или мелковолосистые, почему на них и удерживается выпадающая из воздуха пыль, несмотря на порывы ветра. Дождь смывает эту пыль с растений и прибывает ее к увлажненной им почве, к поверхности которой она и прилипает окончательно; то же случается и с пылью, осевшей прямо на почву в промежутках между стеблями трав, которые защищают ее от порывов ветра. Пыль, стряхиваемая ветром со стеблей и листьев, также падает на почву. Так накапливается мало-помалу пыль, наращивая эоловую почву, не обнаруживающую никакого наслоения, несмотря на то, что осаждение пыли идет не непрерывно, а с промежутками. В холодное время года снег также прибывает пыль из воздуха на растения и на почву.

Но внутри Центральной Азии густой растительности очень мало, почва с поверхности оголена; отдельные кустики полыни, эфедры, кусты караганы, пучки травы, снопы чия образуют редкую сеть, и пыль, осевшую в тихие дни и часы, ветер снова поднимает, не дает ей накопляться, уносит дальше. Это уже не степи, а полупустыни, переходящие в отдельных местах в полные пустыни, лишённые растительности, усыпанные мелким щебнем и гравием. Здесь уже мало площадей, где пыль могла бы накопляться и много таких, которые доставляют ветру пыль. Это пролувий — обширные бэли горных краёв, — подгорные равнины с пологим уклоном к дну прилежащей впадины, со скудной растительностью, не защищающей почву, и многочисленными сухими руслами, извивающимися вниз по склону, дно которых состоит из обнаженного песка. Днище впадин, с той же скудной растительностью, понижающееся часто уступами в несколько ярусов к самой глубокой части, где находится озерко или солончак. Эти уступы впадин изрыты оврагами, ложками, рытвинами, которыми вскрыты коренные породы, разбитые трещинами, расщепленные, выветрелые, часто состоящие из рыхлых песчаников, мергелей, глин. Холмы, увалы, гряды гор также представляют многочисленные участки, лишённые растений, где породы легко выветриваются. Площади кучевых песков на дне многих впадин, берега озера, сокращающихся в сухое время года, открываемые площади высохшего песка и ила, наконец, бугристые и барханные пески, занимающие большие пространства — все это поверхности, которые дают ветру много свободного материала для пыли. Особенно много ее дают голые площади бугристых и барханных песков; несмотря на то, что поверхностный слой их песка часто перевевается и потому, казалось бы, не должен уже пылить при ветре, он всегда пылит, так как в этом слое происходит новое образование пыли. Этот слой днем нагревается солнцем до  $+50^{\circ}$   $+70^{\circ}$ , а ночью охлаждается до  $+10^{\circ}$   $+15^{\circ}$ , зимой — до  $-20^{\circ}$   $-30^{\circ}$ ; частицы кварца, полевого шпата, известняка, мергеля, глины, из которых состоит песок, при этих ежесуточных нагреваниях и охлаждениях разбиваются трещинками, от них отделяются мельчайшие частицы разных минералов, которые представляют пыль, постоянно возобновляемую после перевевания.

Поэтому обширные пространства Центральной Азии, не защищенные растительностью, дают ветрам много пыли. Ее вздымают даже в тихие жаркие дни те вихри, которые образуются внезапно, представляя крутящиеся по спирали столбы воздуха, быстро проносящиеся с места на место по степи и потом рассеивающиеся, причем поднятые ими сухие стебли, веточки растений, всякий сор, покрутившись в воздухе, оседают, а мелкая пыль поднимается столбом и распыляется в воздухе. Значение этих вихрей для подъема пыли с поверхности почвы в атмосферу отметил уже Пржевальский, назвавший их смерчами и описавший их в Отчете о 3-м путешествии. То же значение их указал и Лочи, который также обратил внимание на эти вихри и их роль в перемещении мелкого материала на большие расстояния (Loczy, 1893, фиг. 58).

Итак, на площадях Центральной Азии материала для образования пыли повсюду достаточно и пыль создается здесь постоянно.

Доказательства пылеобразования в Центральной Азии можно наблюдать везде; во всех трещинах на скалах и всяких выходах коренных пород, даже самых тонких, виден налет тончайшей пыли желтого цвета, как и лёсс, повсюду одинаковой, независимо от состава породы, в трещины которой пыль проникла. Эта пыль уходит в глубь трещины, но видна и на стенках самых тонких трещин на некотором расстоянии от края, представляя тонкий налет, прилипший к породе. То же видно

и в осыпях щебня и обломков на склонах гор и холмов, на нижней поверхности кусков щебня. Желтый тонкий налет пыли часто заметен и на наружной шероховатой поверхности скал и обломков и во всех ее углублениях. В плоских впадинах, часто попадающихся на поверхности скал и отдельных глыб горных пород, в которых скопляется на время дождевая или снеговая вода, часто видна тонкая плотная корочка желтого цвета; это — пыль, осевшая из воздуха и прилипшая к породе после смачивания ее водой, что защищает ее от уноса ветром.

Противники золотой гипотезы (Н. С. Неуструев, Л. С. Берг и др.) утверждают, что источником пыли является сам лёсс, перевеваемый ветрами, поднимаемый ими с многочисленных пашен и дорог, где почва разрыхлена и сильно размельчена. Несомненно, что в области развития лёсса последний при ветрах также снабжает воздух пылью. Но эта местная энтопическая пыль только присоединяется к экзотической пыли, приносимой ветрами из областей развевания, и увеличивает ее количество, участвуя в современном нарастании лёсса, где это возможно, в настоящее время. Но не из этой местной пыли созданы толщи лёсса Китая, а из пыли, вынесенной и выносимой до сих пор из пределов Центральной Азии и продолжающей наращивать толщю лёсса, так как климат Северного Китая способствует этому, что доказывают погребенные лёссом памятники, черепки, кирпичики и отсутствие серой окраски гумусом верхнего слоя почвы на полях, склонах гор и холмов всей этой области Китая. Сильное расчленение толщи лёсса в этой области рытвинами, дорогами, оврагами, конечно, доказывает современную эрозию этой толщи, но она вполне совместима и с наращиванием почвы повсюду, где оседающая из воздуха пыль прилипает, присоединяется к почве под защитой растительности. В наращивании этого современного лёсса повсюду, где оно может происходить, конечно, участвует и местная пыль, сдуваемая ветрами с дорог, со стенок оврагов, и с почвы пашен с осени до весны.

В местностях первого из типов, указанных выше, лёсс нарастает на поверхности косогоров и склонов, покрытых растительностью, а также на всех огородах и пашнях в теплое время, когда их почва также защищена растительностью. В местностях второго и третьего типа площадей нарастания лёсса больше, так как в нем участвуют и поверхности всех плато — непрерывно, где они еще покрыты дикой растительностью и периодически — на полях и огородах. Таким образом, в Северном Китае эпоха отложения лёсса продолжается и теперь, но нарастание его толщи идет уже не повсеместно, так как его нарушают эрозия и деятельность человека.

В статье в защиту золотой гипотезы, основываясь на возможности современного лёссообразования в Северном Китае, я высказал мнение, что климат этой страны в эпоху главного лёссонакопления был разве только немного суше современного. Новые данные, накопившиеся с тех пор, заставляют думать, что климат лёссовой эпохи был значительно суше современного: пыльные бури, выносившие материал лёсса из Центральной Азии, были гораздо чаще и сильнее, атмосферные осадки еще скуднее, едва достаточные, чтобы весной вызвать к жизни довольно густой растительный покров на степях, засыхавший уже в половине лета, но все-таки защищавший почву и отлагаемый на ней новый лёсс от развевания в течение остального года. Эти сухие степи Китая с пыльной растительностью, с редкими источниками воды не могли быть населены разнообразной и обильной фауной. Можно думать, что условия жизни не были благоприятны для высших животных, сосредоточившихся в редких оазисах вдоль рек. Многие современные реки Китая не существовали во-

все, другие сильно сократили свой дебит, превратившись в ручьи, вяло извивавшиеся по плоскому дну долин и производившие больше отложений, чем размыва. Насколько ухудшился климат, можно судить по интересным данным, собранным Тейльяром и Лисаном на южной окраине Ордоса. Они нашли следы древнего палеолита в долёссовых отложениях и в самом низу лёсса и обильные следы неолита только в самой верхней части лёсса и в послелёссовых отложениях. Большой промежуток времени отделяет эти следы древнего человека друг от друга и объяснить его можно только тем, что климат на этой южной окраине пустыни в начале лёссовой эпохи настолько ухудшился, что человек, населявший эту местность, выселился дальше на юг, спасаясь от пыльных бурь, от голода и жажды, так как животные, доставлявшие ему главную пищу, погибали или уходили на юг в поисках лучших условий существования — водоя и менее пыльного воздуха.

Чем же объяснить наступление этой сухой эпохи в Центральной Азии, захватившей и север Китая? Рихтгофен объяснил начало лёссонакопления в Китае тем, что север этой страны присоединился к центральной области, лишенной стока вод в океан; это было обусловлено возникновением на востоке барьера в виде поднятия горной страны, отделившей эту область от влажных морских ветров, что и создало в ней сухой климат. Погружение этого барьера, распад его на отдельные части, восстановили доступ влажным ветрам и воссоединили Северный Китай с периферической областью. При изложении новых данных о плиоцене и плейстоцене севера Китая мы видели, что эпохи эрозии и эпохи накопления, т. е. эпохи влажного и сухого климата, сменяли друг друга три раза на протяжении плиоцена и плейстоцена. Можно ли объяснить эти перемены поднятиями и погружениями горного барьера на юго-востоке Китая?

Американский геолог Уиллис, изучавший Китай в начале XX века, совершенно иначе рисует себе историю этой страны. После палеомезозойского орогенеза наступила длительная стадия денудации и эрозии Пейтай, в течение которой страна превратилась в почти равнину (Willis, 1907); затем, в начале эпохи Тансянь небольшое поднятие оживило эрозию и создало зрелый рельеф с контрастом высот и долин от 90 до 300 м, в среднем 150 м, формы которого местами можно еще различить под покровом лёсса. Этот рельеф мог развиваться только на сравнительно небольшой высоте над уровнем моря. Уиллис настаивает на том, что мнение Рихтгофена о покрытии лёссом современного резкого рельефа Северного Китая ошибочно (Willis, 1907), так как лёсс залегает высоко на склонах и даже на вершинах холмов, образуя мощные и изолированные массы, что несовместимо ни с одним из способов образования аллювия и даже трудно объяснимо деятельностью ветра. На этом зрелом плоском рельефе лёсс начал отлагаться в следующую стадию Хинчжоу благодаря тому, что климат в конце третичного периода стал холодным и сухим, но это не мешало существованию постоянных рек. Уиллис считал лёсс продуктом выветривания коренных пород Центральной Азии, вынесенным оттуда главным образом реками в Северный Китай, где он в сухое время года перевеивался ветрами и отлагался на склонах и дне долин в виде эолового осадка, а во влажное время отчасти размывался и сносился ливнями. Так создалось чередование неслоистого лёсса и аллювия, и этот процесс можно наблюдать теперь. В начале лёссовой эпохи материал для лёсса давали также обильные продукты выветривания, которые образовались во время стадии Тансянь и покрывали Китай, удерживаемые на месте растительностью, процветавшей благодаря влажному климату и погибшей при наступлении сухой стадии Хин-

чжоу (Willis, 1907). Таким образом, Уиллис сводит роль ветра к пересортировке речного аллювия в области развития самого лёсса и в сущности сводит на нет всю эоловую гипотезу. Но послушаем его дальше.

Накопившаяся в течение стадии Тансянь толстая кора выветривания теперь высохшая, дала обильный материал для развеивания. Ежегодно в сухое время ветер переносил его даже по воздуху, а в сырое время ливни захватывали грубые продукты выветривания и в короткое время своей работы сносили их в виде конусов в устья оврагов. В широких долинах, а также на горах, аллювий рек сортировался и переносился ветром, скопления пыли распределялись им на склонах гор и во впадинах, захватывались водой и перераспределялись в виде аллювия. Подобные же процессы происходят и в настоящее время, создавая современный лёсс, не отличимый по составу и строению от древнего (Willis, 1907). Таким образом, Уиллис отводит весьма существенную роль воде, не считает климат очень сухим, не признает полное исчезновение рек, как Рихтгофен. Причину изменения климата он не рассматривает, указывая только, что в плейстоцене он вообще стал холодным.

После образования главной массы лёсса наступила современная стадия Фыхэ, характеризующаяся крупными движениями земной коры в Азии. Большие площади поднялись эпейрогенически, и по сбросам и вспучиваниям (faulting and warping), другие опустились. Доказательства этих движений Уиллис находит везде и полагает, что они выразились смещениями с амплитудой до 6000 м. Они создали современный рельеф Азии и естественно омолодили эрозию; начался размыв лёсса, хотя климат изменился сравнительно мало, что доказывает продолжающееся лёссообразование. Но резкий рельеф, при котором разницы относительных высот доходят до 2000—3000 м вместо 90—300 м предшествующей стадии, способствует расчленению и сносу лёсса (Willis, 1907).

Детальная критика многих страниц труда Уиллиса, посвященных доказательствам нарисованных им физикогеографических стадий здесь невозможна; ее можно сделать только на фоне пересмотра всех данных по геологии Северного Китая и Центральной Азии. Я ограничусь замечанием, что Уиллис смотрит на все глазами Дэвиса и многое можно было бы истолковать иначе. Уиллис слишком увлекся актуализмом. Процесс новообразования и перемещения лёсса в Северном Китае действительно происходит в настоящее время, в эпоху несколько более влажного климата. Но не в эту эпоху созданы толщи неслоистого лёсса. Если лёссовая эпоха была сухой, погубившей в Северном Китае растительность, защищавшую кору выветривания влажной эпохи, то тем более она была сухой в Центральной Азии, и существование рек, выносивших из Центральной Азии аллювий в Китай, как полагает Уиллис, нельзя принимать. Крупные поднятия в Северном Китае, принимаемые Уиллисом для объяснения современных абсолютных высот этой страны, неправдоподобны, и лёсс отлагался уже на сильно-, а не на слаборасчлененном рельефе. Толщи неслоистого лёсса, одевающие плащом столовые возвышенности и лежащие на равнине к югу от Ордоса, не образовывались на подветренной стороне отдельных высот, где сила ветра ослабевала. Совершенно отвергнуть приходится объяснение генезиса лёсса и огромные размеры юных движений, принимаемые Уиллисом.

Данные китайских геологов также не согласуются с взглядами Уиллиса. Но прежде чем излагать их, остановимся еще на характеристике предшествующих эпох размыва и отложения.

Базальные конгломераты, подстилающие во многих местах желтый лёсс, говорят о предшествующей эпохе эрозии, т. е. о наличии климата

с большим количеством осадков. О процессах размыва свидетельствует и неровная поверхность красного лёсса, на которой лежит толща желтого лёсса. Ясно, что сухой эпохе образования желтого лёсса предшествовала эпоха более влажного климата, в течение которой была до известной степени размыва и расчленена толща красного лёсса. Постепенное изменение этого климата в сторону большей сухости с неравномерным выпадением осадков, принимавших характер периодических ливней выразилось накоплением на дне долин базальных конгломератов, в составе которых существенное участие принимают журавчики, вымытые из красного лёсса, иногда содержащие его фауну. Это была прелюдия к сухой эпохе, когда иссякавшие уже речки по временам превращались в бурные потоки, приносявшие грубый материал со склонов.

Красный лёсс, изученный еще недостаточно китайскими геологами, представляет аналог желтого, судя по его качествам, охарактеризованному выше. Его большая плотность и хрупкость объясняются его большей древностью, тем долгим временем, в течение которого происходило его изменение атмосферными и грунтовыми водами. Его красный цвет легко объясняется так: в эту эпоху начала плейстоцена обширные площади Центральной Азии были покрыты еще ложами усохших или усыхавших третичных озер, отложения которых имели главным образом красные цвета, как подтверждено наблюдениями американских и советских экспедиций и раскопками последних 30 лет; эти красные отложения и давали главный материал для развевания и в наступившую сухую эпоху. Кроме того, теплый и достаточно влажный климат предшествующей эпохи конца плицена создал по всей Центральной Азии кору выветривания красного цвета. Поэтому в течение наступившей сухой эпохи развевание этой коры, как и поверхности третичных красноцветных отложений, давало в большом количестве красную пыль, которую ветры и уносили в область Северного Китая, отлагая ее на травяных степях, сменивших при усыхании климата более пышную растительность конца плицена. Фауна красного лёсса — наземные моллюски, грызуны, *Stegodon* соответствуют этим условиям его отложения.

Тейльяр и Лисан считают озерно-речные отложения формации санмен синхроничными красному лёссу, т. е. полагают, что в эпоху его отложения в Северном Китае местами еще существовали реки и озера, очевидно остатки предшествующей более влажной эпохи, постепенно заполнявшиеся осадками ослабевавших потоков. Богатая фауна этой формации, частью пресноводная, частью наземная, как будто указывает, что климат в эпоху красного лёсса был не такой сухой и во всяком случае более теплый, чем в эпоху желтого лёсса. Но возможно, что эпоха санмен несколько древнее эпохи красного лёсса, представляя аналог эпохи образования конгломератов базиса желтого лёсса, образования переходного времени от влажной к сухой эпохе, когда долины и озера начали заполняться осадками ослабевавших потоков, а фауна наземных млекопитающих постепенно погибала и трупы или части скелета погребались в озерно-речных отложениях. На сокращение и осолонение озер указывает присутствие гипса в осадках этой формации. Огромная мощность красных отложений куэте в 100 м по р. Хуанхэ выше г. Ланьчжоу, вскрытых также в бассейне р. Сининхэ, в ее верхней части, относимой к той же формации санмен, указывает продолжительность этой эпохи. Желтая река в это время впадала в обширное озеро между Наньшанем и Цзиньлиншанем, которое она постепенно заполняла. Судя по гипсу, в верхней части толщ куэте озеро к концу эпох лишилось стока воды и осолонело.

Эпохе красного лёсса и формации санмен предшествовала эпоха более влажного климата и усиленной эрозии, в течение которой размывалась толща красной глины с фауной гиппариона и образовались конгломераты и галечники с красным глинистым цементом, подстилающие слои санмен по окраинам бассейна санканхэ и аналогичные образования базиса этой формации в других местах, например, галечники и пески в долине р. Фынхэ. Тейльяр и Лисан считают их синхроничными красной глине, отложенной бурными потоками и относят к этому возрасту также глины с *Melania* на р. Хунхэ (но с вопросом) в качестве озерного образования. Я полагаю, что они немного моложе.

В общем мы видим, что неоген-плейстоцен Северного Китая дает нам ясные доказательства значительных колебаний климата: три раза эпохи более влажного климата, способствовавшего эрозии, сменялись эпохами сухого климата, который вместе с тем в каждую последующую эпоху становился более холодным. В сухие эпохи постепенно ослабевал размыв и начиналось накопление, сначала в виде местного более или менее грубого аллювия, сносимого с соседних высот и уже непосильного для переноса ослабевшими потоками, а потом главным образом в виде экзотической пыли, приносимой ветрами из Центральной Азии. Эта смена произошла и в четвертый раз; более влажная послелёссовая эпоха, создавшая современный сложный и глубоко-расчлененный рельеф лёссовых стран Китая, уже обнаруживает поворот в сторону большей сухости, выражающейся в ослаблении размыва, в накоплении аллювия на дне глубоко врезанных долин и сыпучего песка на поверхности лёсса к юго-востоку и востоку от пустыни Ордоса.

Каково же отношение сухих эпох лёссообразования к ледниковым?

В Северном Китае нет признаков былого оледенения и только в высоких цепях Наньшана мы находим современные ледники и доказательства более значительного развития их в прошлом. В Центральной Азии Монгольский Алтай и Восточный Тянь-Шань также имеют современные ледники, в первой области — небольшие, и признаки более значительного оледенения в прошлом. На севере Монголии в горах Кентэя ледников нет, но признаки оледенения весьма значительны; в Хангае имеются только очень небольшие ледники, но американская экспедиция и Гранэ обнаружили признаки более значительного оледенения в прошлом. В западной части Монгольского Алтая до меридиана г. Кобдо современное оледенение более значительно, а прежнее по новым данным имело гораздо большие размеры. В хр. Саур существуют несколько ледников, а следы прежнего оледенения значительны и обнаружены также в соседних к югу цепях Уркашара, Семистая и Берлыка. В Восточном Тянь-Шане, Памире и Западном Куэньлуне как современное оледенение, так и следы прежнего велики. Уже Рихтгофен указал, что степной период отложения лёсса в Азии обнимал весь ледниковый период Европы и продолжался дольше, чем период, в течение которого средняя Европа была занята степями (Richthofen, 1882). К аналогичному выводу пришел Лочи, отметивший, вопреки господствовавшим в то время взглядам, что сухой период развития степей и отложения мощного лёсса в Северном Китае совпадает с развитием ледников в Наньшане и Тибете (Loszy, 1893). В отношении европейского лёсса теперь также восторжествовало мнение, что он продукт ледниковых эпох, а не межледниковых, как думали раньше, и что последние были влажные, а ледниковые — сухие. Теперь можно считать достаточно доказанным, что в течение максимального оледенения обширными снегами и ледниками были покрыты Кентэй, Хангай, Восточный и Западный Саяны, Русский Алтай и значительная

часть Монгольского, имевшего менее значительное оледенение и в восточной части, затем Саур, Барлык и Уркашар, Восточный Тянь-Шань, Алай и Памир, далее Куэньлунь и Наньшань. В общем мы получаем длинное и широкое полукольцо, окаймляющее Центральную Азию с севера, начиная с верховий р. Онона, с запада и с юга почти до г. Ланчжоу. В этом полукольце выдавались на восток еще два длинных отрога Восточного Тянь-Шаня и Монгольского Алтая. В кольце были связаны и изъяты из атмосферной циркуляции огромные количества снега и льда. А если вспомнить, что и север Сибири, по новым данным, скрывался под ледниковым покровом, покрывавшим также группы и цепи более высоких гор южнее, что и остальной Тянь-Шань и Алай скрывались под льдами, как равно и Гиндукуш, Тибет и Гималаи, то станет ясным, что ветры, проникавшие с севера, запада и юга в Центральную Азию, не могли быть влажными. Спускаясь с холодных высот полукольца вниз, согреваясь и удаляясь от точки насыщения, они принимали характер сравнительно теплых, но очень сухих ветров.

Центральная Азия и теперь еще в холодное время года, благодаря окружению высокими горами и застою холодного воздуха в ее обширных впадинах, имеет погоду антициклонального типа с центробежными ветрами преимущественно юго-западного, южного и юго-восточного направлений. В ледниковый период этот режим должен был быть выражен еще резче и возможно, что даже в теплое время года влажные ветры с Тихого океана, приносящие теперь дожди в Восточную Монголию, не могли проникать так далеко на запад и ограничивались Северным Китаем, где и питали растительность лёссовых степей. Центральная же Азия в течение ледниковых эпох являлась полной пустыней с господством сухих ветров, которые вздымали тучи пыли и песка с высухавшей почвы, утратившей растительный покров полностью, с пролювиальных шлейфов гор с берегов усыхавших озер, с конусов выноса рек и речек, стекавших летом с ледников и иссякавших в пустыне, с обширных обнажений рыхлых пород гобийской формации (меловых и третичных) и выветривавшихся более древних пород. Пыль выносилась ветрами на окраины, особенно на юго-восток, в лёссовые степи Северного Китая, оседала также в степях, окаймлявших ледники на склонах горного полукольца ниже снеговой линии. Песок передвигался волнами по поверхности почвы на юго-восток, юг и юго-запад и постепенно образовал огромные барханные моря пустынь Такламакан, Алашаньской, Ордоса вдоль западного склона Большого Хингана и на западе в Джунгарии.

З а к л ю ч е н и е. Исследования китайских геологов в отношении стратиграфии, состава и фауны верхнетретичных и четвертичных отложений Северного Китая показали, что их нужно разделить на четыре свиты следующего состава и возраста (снизу вверх):

1. С в и т а к р а с н ы х г л и н с фауной гиппариона верхнего (отчасти возможно и среднего) плиоцена; она состоит существенно из неслоистых красных глин и суглинков с прослоями и гнездами галечника, связанного красным суглинком, редкими горизонтами известковых конкреций и базальным конгломератом. Фауна наземных млекопитающих, преимущественно степных обитателей, наземных и пресноводных ракушек, страусовых птиц. Отложения наземное с некоторым участием фаций бурных потоков и озерно-речной в основании.

2. С в и т а с а н м е н, или красного лёсса — верхний плиоцен и нижний плейстоцен; сложена из красного и красноватого лёсса с горизонтами журавчиков, гнездами и прослоями песка и галечников. Фауна наземных млекопитающих, более близких к современным,

пресноводных и наземных ракушек. Также имеются фации бурных потоков, озерно-речная и эоловая.

3. Свита хуанту, или желтого лёсса — средний и верхний плейстоцен. Господство желтого неслоистого лёсса. Фауна наземных млекопитающих, близких к современным, страусовидных птиц, наземных и пресноводных раковин. Горизонты журавчиков; местами участие фаций бурных потоков и озерно-речной в виде базальных конгломератов и слоистого лёсса. Преобладает эоловая фация.

4. Свита послелёссовая и современная. Господство эолового лёсса, но с участием слоистого и отложений озерно-речных и бурных потоков. Фауна современная, остатки культуры человека палеолита и неолита.

Во всех свитах фации бурных потоков и озерно-речная характеризуют начало каждой эпохи, изменение климата в сторону большей влажности с эрозией отложений предшествующего времени; эти фации соответствуют межледниковым эпохам (и послеледниковой), тогда как главная часть отложений каждой свиты принадлежит сухим ледниковым эпохам: менее резко выражена была сухая эпоха отложений красной глины с гиппарионом, когда климат был еще теплый; более сильное похолодание характеризует свиту санмен и особенно сильное с наибольшей сухостью свиту хуанту, когда отложилась главная масса желтого лёсса.

В Азии образование толщ лёсса ясно связано с оледенением. Каждая эпоха оледенения вызывала осушение климата и создавала во Внутренней Азии область энергичного пылеобразования с выносом массы пыли на южную периферию, где пыль и осаждалась на сухих степях под защитой растительности. Возможно, но требует еще подтверждения, что оледенения Азии были связаны (или вызваны) молодыми движениями земной коры, которые создали значительные поднятия, явившиеся центрами снегонакопления и развития ледников, обусловивших чрезвычайное осушение климата Внутренней Азии.

#### ЛИТЕРАТУРА

- A n d e r s o n I. G. Essays on the cenozoic of Northern China. Мэн. Geol. Surv. China, A. N 3, 752 pp. Peking, 1923.
- A n d e r s o n I. G. The cave-deposits at Sha-Kuo-t'un in Fengtien, Pal. Sin. D, v. I, f. 1, 43 pp. Peking, 1923.
- A n d e r s o n I. G. Preliminary report on archaeological Research in Kansu. Mem. Geol. Surv. China, A. N 5. 56 pp., Peking, 1925.
- A n d e r s o n I. G. Geological notes from Kansu. Bull. Geol. Soc. China, IV, N 1, p. 15—18. Peking, 1925.
- B a r b o u r G. B. Deep wells in the Peking area. Bull. Geol. Soc. China, III, N 2, p. 127—138, 1924.
- B a r b o u r G. B. Preliminary observations in the Kalgan area. Ibid., p. 153—168.
- B a r b o u r G. B. Deposit and erosion in the Huai-lai basin and their bearing on the pleistocene history of N. China. Ibid., V, N 1, p. 47, 56, 1926.
- B a r b o u r G. B. Geological study of the deposits of the Sankan-ho basin. Ibid., V, N 3—4, p. 253—278, 1927.
- B a r b o u r G. B. Notes on the correlation of physiographic stages. Ibid., p. 279—280.
- B a r b o u r G. B. The loess problem of China. Geol. Mag., 1882, N 10, 458—475.
- B a r b o u r G. B. The loess of China. Ann. Rep. Smiths Trans., 1926, 272—296.
- B a r b o u r G. B. The Taska deposits and the problem of pleistocene climates. Bull. Geol. Soc. China, X, 1931, 71—104.
- B e r k e y Ch. P. and F. K. Morris. Geology of Mongolia. A reconnaissance report based on the investigation of the years 1922—1923. Natural History of Central Asia. Vol. II, New York, 1927, 475 p., 44 pl., 161 ill., 6 maps.
- Б о г д а н о в и ч К. И. Геологические исследования в Восточном Туркестане. Тр. Тибетской эксп., т. II, СПб., 1892, 168 стр.

- K a n t e r H. Der Löss in China. Mitt. d. Geogr. Ges. Hymburg, 34, 1922, S. 99—149.
- K i n g S. G. Notes on the fossil shells of the Sanmen series. Bull. Geol. Soc. China, V, N 2, p. 157—160, 1926.
- L o c z y L. Beschreibung der geologischen Beobachtungen und deren Resultate. Die wiss. Ergebnisse der Reise des Gr. Bela Sechenyi in Ost-Asien 1877—1880. Bd. I, Wien, 1893, pp. 307—845.
- L o c z y L. Säugetier — Überreste aus den pliocänen limnischen Schichten der Provinz Kansu. Ibid., Bd. III, Wien, 1899, pp. 11—20.
- O б р у ч е в В. А. Центральная Азия, Северный Китай и Наньшань. Отчет о путешествии 1892—1894 гг. СПб. Изд. Русск. геогр. об-ва, 1900, т. II.
- O d h n e r N. H. Shells from the Sanmen series. Pal. Sin B, v. VI, f. I, p. 20, Peking, 1925.
- P u m p e l l y R. Geological researches in China, Mongolia and Japan during the years 1862 to 1865. Smiths. Contrib. to Knowl. N 202, Phill., 1866, p. 143.
- P u m p e l l y R. Relations of secular rock disintegration to loess, glacial drift and rock basins. Am. Journ. of Science a. Arts., v. 27, 1879.
- R i c h t h o f e n F. V. China. Ergebnisse einiger Reisen und darauf gegründeter Studien. Bd. I, II, Berlin, 1877 u. 1882.
- R i n g s t r ö m T. J. Sinotherium Lagrelii, a new fossil Rhinocerotoid from Shansi. Bull. Geol. Surv. China, N 5, p. 1, p. 91—93, Peking, 1923.
- R i n g s t r ö m F. J. Nashörner der Hipparion fauna Nord Chinas. Pal. Sin., C., v. 1, f. 4, p. 156, Peking, 1924.
- S c h l o s s e r M. Tertiary vertebrates from Mongolia. Pal. Sin. C., v. 1, f. 1, pp. 119, Peking, 1924.
- S c h l o s s e r M. Fossil primates from China. Ibid., f. 2, p. 14. Peking, 1924.
- S c h m i t h e n n e r H. Chinesische Landschaften und Städte. Stuttgart, 1925 (Kap. IV, Die chinesische Löss Landschaft, S. 115—142).
- S o e r g e l W. Löss. Eiszeiten und Paläolithische Kulturen. Eine Gliederung an Alters Bestimmung der Löss. Jena, 1919.
- S t u r a n y R. W. A. Obrutschews Mollusken-Ausbeute aus Hochasien. Denkschr. Akad. Wiss. Wien, math. naturw. Cl., LXX, 1901, 17—48, 4 pl.
- T a f e l A. Meine Tibetreise. Eine Studienfahrt durch das nordwestliche China und durch die innere Mongolei in das östliche Tibet. Bd. I, Berlin, 1914.
- T e i l h a r d d e C h a r d i n P. Note sur la structure des montagnes a l'ouest de Linn-ming-kwan (Chili méridional). Bull. Geol. Soc. China, III, N 3—4, p. 393—398. Peking, 1924.
- T e i l h a r d d e C h a r d i n P. et L i c e n t F. On the discovery of a palaeolithic industry in N. China. Bull. Geol. Soc. China, III, N 1, p. 45—50, Peking, 1924.
- T e i l h a r d d e C h a r d i n P. et L i c e n t F. On the geology of the northern, western and southern borders of the Ordos, China. Ibid., p. 37—44.
- T e i l h a r d d e C h a r d i n P. et L i c e n t F. Observations sur les formations, quaternaires et tertiaires superieures du Honan septentrional et du Chansi meridional. Ibid., VI, N 2, p. 129—150, 1927.
- T e i l h a r d d e C h a r d i n P. et L i c e n t F. Observations géologiques sur la bordure occidentale et méridional de l'Ordos. Bull. Soc. Géol. France, 24, 1924 pp. 49—91 et 462—464.
- T e i l h a r d d e C h a r d i n P. et Y o u n g C. C. Preliminary observations on the preloessic and post-pontain formations in W. Shensi in W. Shansi and N. Schenn. Mem. Geol. Surv. China, Ser. A, N 8, Peiping, 1930.
- Y o u n g C. C. The physiographic history of the Yellow River between Schansi and Schensi. Bull. Geol. Soc. China, IV, N 2, p. 87—92, 1925.
- W i l l i s B a i l e y, B l a c k w e l d e r E. Research in China. Vol. I, pp. 353, Washington, 1907.
- W r i g h t G. F. Origin and distribution of the loess in Northern China and Central Asia. Bull. Geol. Soc. Amer., XIII, March., 1902, 127—138, 6 pl.
- Y i h L. F. The geology of Hsi-Shan or the Western bills of Peking. Mem. Geol. Surv. A, N 1, p. 114, Peking, 1920.
- Y u a n P. L. Geological notes on Eastern Kansu. Bull. Geol. Soc. China, IV, N 1, p. 21—28. Peking, 1925.
- Z d a n s k y O. Fundorte der Hipparion Fauna um Pao-te-hsien in NW Shansi. Bull. Geol. Surv. China, N 5, p. 1, p. 69—80, Peking, 1923.
- Z d a n s k y O. Jungtertiäre Carnivoren Chinas. Pal. Sin, C, v. II, f. 1, p. 149. Peking, 1924.
- Z d a n s k y O. Quartäre Carnivoren aus Nord - China. Ibid., f. 2, p. 26, 1925.
- Z d a n s k y O. Fossile Hirsche Chinas. Ibid., f. 3, pp. 90, 1925.
- Z d a n s k y O. Paracamelus gigas Schloss. Ibid., f. 4, pp. 42, 1926.

В. Н. ПАВЛИНОВ]

## НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ О ГЕНЕЗИСЕ КИТАЙСКИХ ЛЁССОВ

По приглашению правительства КНР автор настоящей статьи в течение трех лет находился в Китае. Вместе с аспирантами и прикрепленными преподавателями, повышающими свою научную квалификацию, мы совершили многодневные научные командировки в различные районы распространения лёссовых образований Китая. За три продолжительных полевых сезона 1954, 1955 и 1956 гг. были посещены многие районы различных провинций и бассейнов рек Хуанхэ и Янцзы и повторены главные маршруты акад. В. А. Обручева, совершенные им в 1892—1896 гг. через лёссовые области Китая.

Особое внимание во время полевых работ было уделено выяснению вопросов генезиса лёссов и лёссовидных пород. Большое внимание также уделялось изучению геоморфологии районов распространения лёссовых образований и неотектонических движений земной коры.

Материалы наших полевых наблюдений, конечно, не дают исчерывающего ответа на все вопросы, относящиеся к генезису китайских лёссов, но они все же могут пролить свет на происхождение этих важных в практическом отношении образований. Дальнейшая обработка полученного материала позволит более широко изложить круг вопросов этой важной проблемы четвертичной геологии.

Среди китайских геологов преимущественным распространением пользуется эоловая (с различными вариациями) гипотеза происхождения лёссов. Однако мнения некоторых китайских ученых расходятся с выводами акад. В. А. Обручева и Ф. Рихтгофена, впервые предложивших объяснить происхождение китайских лёссов эоловым путем.

Как известно, впервые об эоловом происхождении лёссов в 1857 г. писал Вирлэ д'Ау, изучавший лёссовые породы Мексики. Затем, в 1877 г. напечатал свою монографию по геологии Китая Ф. Рихтгофен, в которой он показал, что лёсс Северного Китая накапливался путем сноса водным путем эолового материала в широкие степные впадины. Воззрения Ф. Рихтгофена в настоящее время находят некоторую поддержку среди китайских геологов. В современной трактовке гипотеза Рихтгофена скорее может быть названа эолово-пролювиальной, а не чисто эоловой. Последующие исследования в Китае В. А. Обручева и многих иностранных ученых надолго закрепили теорию эолового происхождения лёссов, значительно изменив представления Ф. Рихтгофена (см. статью В. А. Обручева, помещенную в настоящем сборнике).

П. А. Тутковский (1899) считал, что лёсы образуются в результате развевания моренных и задровых отложений, в условиях сухого климата ледниковых эпох. Этого же взгляда придерживался и Г. Ф. Мирчинк.

По мнению Л. С. Берга, лёсс образовался на различных мелко- и тонкозернистых породах, богатых карбонатами, в процессе выветривания и почвообразования в зонах сухого климата. Материнской породой для образования лёссов служили перемытые морены.

А. П. Павлов считал восточно-европейские лёссы делювиальными, т. е. образовавшимися в результате сноса выветрелого материала по склонам струйками дождя и тающего снега. Среднеазиатские лёссы А. П. Павлов считал пролювиальными, возникшими в периферических частях широких конусов выноса.

Известны также аллювиальная и флювиогляциальная гипотезы (С. С. Соболев), которые во многом сходны между собой. Суть их заключается в том, что речные талые ледниковые воды, разливаясь на обширных пространствах равнины и неся большое количество тонко отмученного пылеватого материала, отлагали его в местах потери живой силы, способной удерживать этот материал во взвешенном состоянии. Отложение такого материала якобы происходило на поверхности предгорий и в обширных но мелких, плоских озерных бассейнах. Аналогичной точки зрения придерживаются в своей работе «Четвертичная геология» И. П. Герасимов и К. К. Марков. И. П. Герасимов, посетив летом 1955 г. КНР, бегло ознакомился с некоторыми участками Лёссового плато и опубликовал небольшую статью на китайском и русском языках, в которой характеризует лёссы Китая как накопления подгорных аккумулятивных равнин в дельтах и долинах рек, стекавших с окружающих горных гряд и сливавшихся друг с другом на межгорных пространствах. По мнению Герасимова, на более поздних этапах аккумуляция лёссовых отложений стала все более локализовываться в долинах рек. В толще лёссов Герасимов наблюдал следы размыва с признаками перерывов в отложении осадков, с озерными отложениями и с погребенными горизонтами почв. Сам автор признает, что его воззрения на образование лёссов Китая в общих чертах схожи с воззрениями Ф. Рихтгофена в том отношении, что лёссы образовались путем накопления материала при стоке поверхностных вод и отложении его в древних депрессиях рельефа, т. е. в межгорных понижениях или в долинах рек. И. П. Герасимов не отрицает также участия в этом процессе некоторого количества пылеватого материала, поступившего из пустынь во время лёссообразования. Но этот пылеватый материал был незначительным и не заглушал нормального процесса почвообразования, выветривания и процесса денудации. Взгляд Герасимова на формирование типичных свойств лёссовых пород опирается на представления Л. С. Берга о ведущей роли почвенных процессов и процессов выветривания.

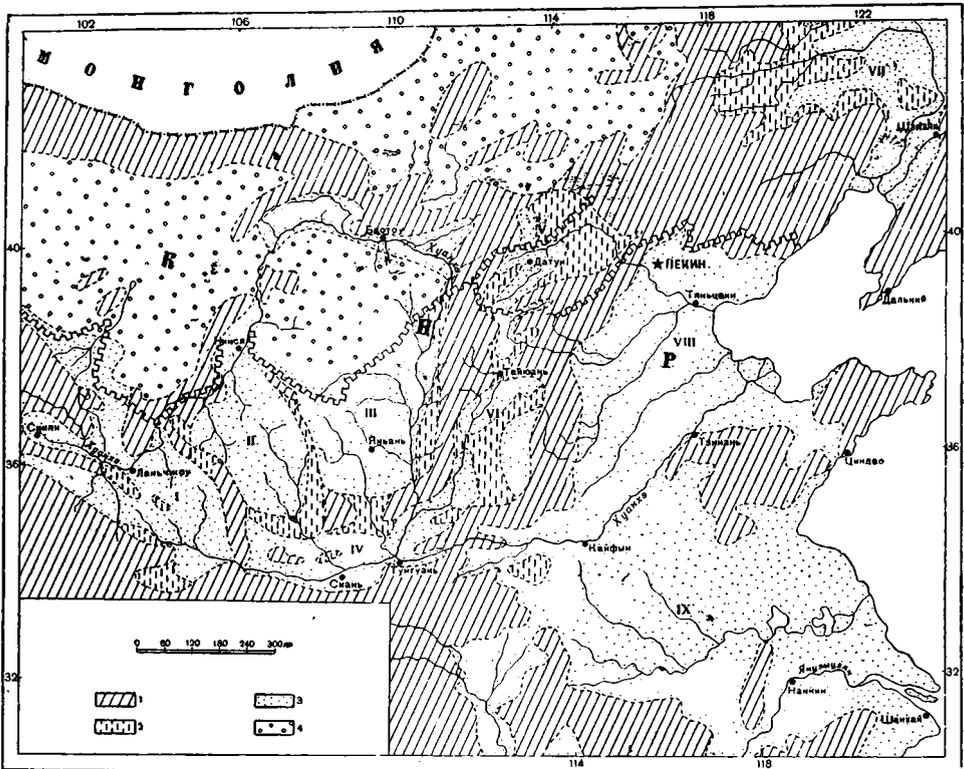
С. А. Яковлев (1955) склонен считать лёссы образованиями пролювиально-эолового типа, с одновременной обработкой их почвенно-элювиальными процессами. Наша точка зрения на происхождение лёссов сложилась в результате изучения лёссов Ферганской долины и других участков Средней Азии (1934 и 1938 гг.) и указанных выше лёссовых районов Китая.

В 1954 г. был посещен район Саньмынся, Чжунтяошань.

Осенью 1955 г. была организована совместная поездка с проф. Юань Фу-ли и асп. Лю Мин-хо в Батоу, на Ордос, в Алашань, на Лёссовое плато, Синин, Ланьчжоу и Сиань. Лёссовое плато было пересечено маршрутом от Иньчуаня до г. Сианя. В зимнее время 1955—56 гг. с целью изучения молодых отложений «корридора Ганьсу» и предгорий Бейшань и Наньшань был посещен район Юймынских нефтяных месторождений.

В 1956 г. были организованы еще две поездки в районы Великой Китайской равнины и в восточную часть Лёссового плато. Весьма интерес-

ные материалы о происхождении и условиях залегания лёссов были собраны по маршруту: Тайюань — Убао — Яньвань — Сиань. В этих поездках принимали участие проф. Ма Синь-юань и Лю Дун-шань. Во время поездок, любезно устроенных китайскими друзьями, был собран богатый материал о залегании, составе, мощности и генезисе лёссов.



Фиг. 1. Схематическая карта распространения лёссов и лёссовидных пород в восточной части Северного Китая.

Впадины: I — Ланьчжоуская; II — Циньшуйская; III — Яньваньская; IV — Сианьская; V — Датунская; VI — Тайюаньская (Фөнхэйская); VII — Ляохэйская; VIII — Северо-Хуанхейская, IX — Южно-Хуанхейская.

1 — дочетвертичные, преимущественно скальные породы; 2 — лёссы и лёссовидные породы с неглубоким залеганием и выходами коренных пород; 3 — лёссы и лёссовидные породы различного происхождения; 4 — пески и песчано-щебенчатые отложения.

Наши наблюдения подтверждают, что лёссы и лёссовидные породы имеют очень широкое распространение в Северном Китае (к северу от р. Янцзыцзян) (фиг. 1). Типичные лёссы, как они описываются в геологической, почвоведческой и грунтоведческой литературе повсеместно встречаются на Великой Северо-Китайской равнине — как вблизи западных и южных хребтов, так и в приморской полосе. Лёссы распространены в основном западнее этих мест: по долине р. Фынхэ, на Лёссовом плато в огромной П-образной излучине р. Хуанхэ. К западу от нее лёссы известны в долине р. Вэйхэ, западнее Ланьчжоу и в восточной части «коридора Ганьсу». И всюду лёссы имеют один общий облик пылеватых суглинистых пород, но весьма разнообразных по внешнему виду, строению, залеганию, мощности и происхождению.

В мировой геологической литературе до сего времени нет единого, хотя бы и условного определения — что считать лёссом. Нередко споры о происхождении лёссов возникают потому, что различные авторы под названием «лёсс» понимают неодинаковый тип отложений.

Следовательно, одной из главных задач четвертичной геологии и литологии является унификация определения лёсса как породы.

Лёссы Китая приурочены к различным формам рельефа и различным геоморфологическим элементам. Они покрывают обширные платообразные пространства, спускаются по крутым и пологим склонам с плато в глубокие узкие овраги и долины рек, слагают речные террасы. Лёссы распространены на обширных подгорных, наклонных равнинах, на вершинах гор с пологими склонами и на сравнительно невысоких плоских горных холмах. Такое разнообразное положение лёссов послужило обоснованием гипотезы об их эоловом происхождении. Однако лёссы не встречаются в высокогорных зонах (даже на ровных площадках), на склонах гор в соседстве с галечниковыми и другими грубообломочными отложениями, почти не встречаются в зонах распространения некоторых «коренных» пород, дающих делювий или пролювий не известкового состава.

Неточное представление дается в литературе о характере поверхности Лёссового плато Китая. Считается, что Плато имеет более или менее горизонтальную поверхность, прорезанную оврагами и долинами рек. На самом же деле поверхность Лёссового плато имеет несколько возвышенных центров или гряд, соответствующих «ядрам» прежних горных кражей, ныне или погребенных под продуктами их же разрушения, или скалисто обнажающихся среди поля распространения лёссов. От этих центров наибольшего поднятия поверхности Лёссовое плато в своей западной половине постепенно спускается в северо-западном, северном и юго-восточном направлениях — от высоты 2000 до 1000 м. Различный наклон поверхности Лёссового плато наблюдается в его центральной и восточной частях. В самой восточной части Плато располагаются два изолированных участка распространения лёссовых пород, морфологически представленных плоскими корытообразными или лоткообразными широкими долинами, разделенными между собой денудированными скалистыми хребтами. Из них одна долина открыта на юг, другая — на север. К долинам рек Вэйхэ и Лохэ Лёссовое плато опускается в виде холмистой поверхности, прорезанной многочисленными оврагами и притоками рек. Границы Лёссового плато на различных географических картах показаны не одинаково. На одних картах Лёссовое плато изображается значительно восточнее, чем на других. Это связано с тем, что при этом не учитывается генезис лёссов, а исходят только из морфологии плато.

Лёссы как типичные пылеватые разности встречаются на различных высотах в интервале от уровня моря до отметок порядка 2000 м. Мощные скопления лёссов характерны для предгорных областей и широких межгорных впадин.

В преобладающем большинстве лёссы слагают обширные равнинные предгорные области или высокие полого наклоненные обширные пространства бывших и существующих горных кражей. Лёссы образуют также широкие межгорные, относительно низкие долины с пологим наклоном их поверхностей. Боковые, или бортовые поверхности широких межгорных долин обычно имеют наклон к осевой части. В лоткообразных долинах, окруженных с трех сторон выходами скалистых массивов, наклон лёссовой поверхности наблюдается к центру долины и в сторону ее открытой части. Внутри Лёссового плато и за его пределами лёссы обычно слагают верхние части аллювиальных террас или образуют пологие предгорные

плащи. Реки Лёссового плато имеют сложно-разветвленные, глубоко врезаные крупные и мелкие меандры. Обычно они пропиливают всю толщу лёссов и врезаются в относительно более древние твердые породы.

Принято считать, что лёссы представлены неслоистыми толщами. Такое впечатление создается при беглом осмотре естественных разрезов. Однако при внимательном изучении любого лёссового разреза, даже в незначительной по мощности толще, можно видеть несколько отличных по цвету или по структурным признакам горизонтов. Особенно хорошо заметно слоистое строение лёссов в глубоких дорожных выемках искусственно очищенных и сглаженных для лучшей устойчивости крутых откосов (фиг. 2). В лёссовых отложениях во многих местах прослеживаются следы ископаемых почвенных горизонтов и горизонты более интенсивного выветривания, представленные то обеленными, то окрашенными в розовато-красный или серый цвет разностями лёссов, несколько более сцементированных или наоборот более выветрелых и рыхлых (фиг. 3). Во многих случаях устанавливаются следы перерывов в отложении лёссов и несогласное налегание молодых горизонтов на относительно более древние.

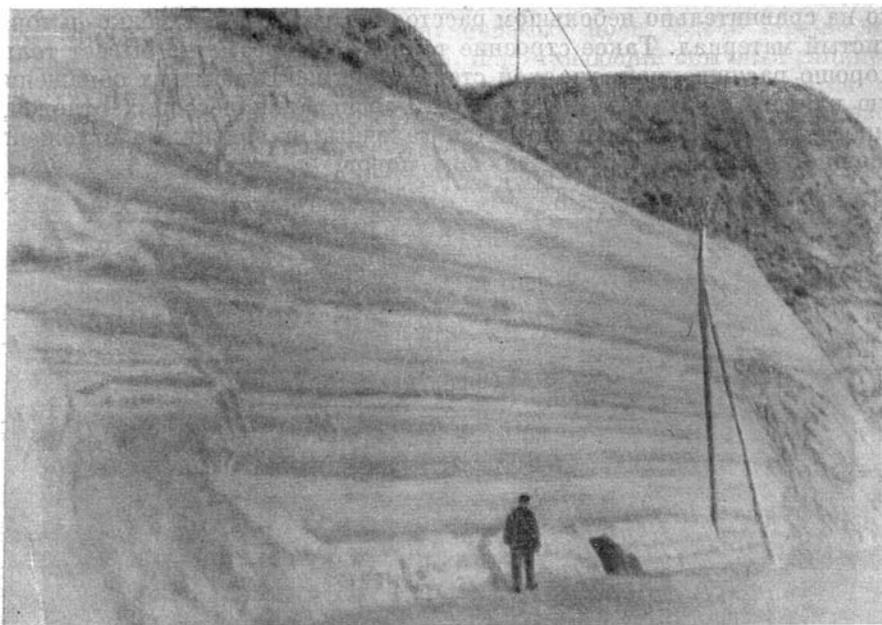
Монотонная серо-желтоватого или желтого цвета толща лёссов в некоторых случаях нарушается прослоями белых стяжений лепешковидной или желвакообразной формы, кальцитовых конкреций и жеод. Прослой таких образований обычно выглядят как цепочка конкреций, расположенных то близко друг к другу, то на некотором расстоянии, то, наконец, в виде сплошных прослоев. Размеры таких стяжений различны: от нескольких сантиметров до полуметра (фиг. 4). Происхождение конкреций связано или с формированием почвенных горизонтов, которые находятся в лёссах, в ископаемом состоянии, или с отложением солей из растворов у границы с нижележащим более плотным слоем. В отдельных разрезах лёссовой толщи таких прослоев известковых конкреций иногда прослеживается значительное количество.

В мощных естественных разрезах лёссовой толщи можно отчетливо видеть резкие извилистые контакты разноцветных разностей лёссов, обусловленные границами размыва и местного несогласия.

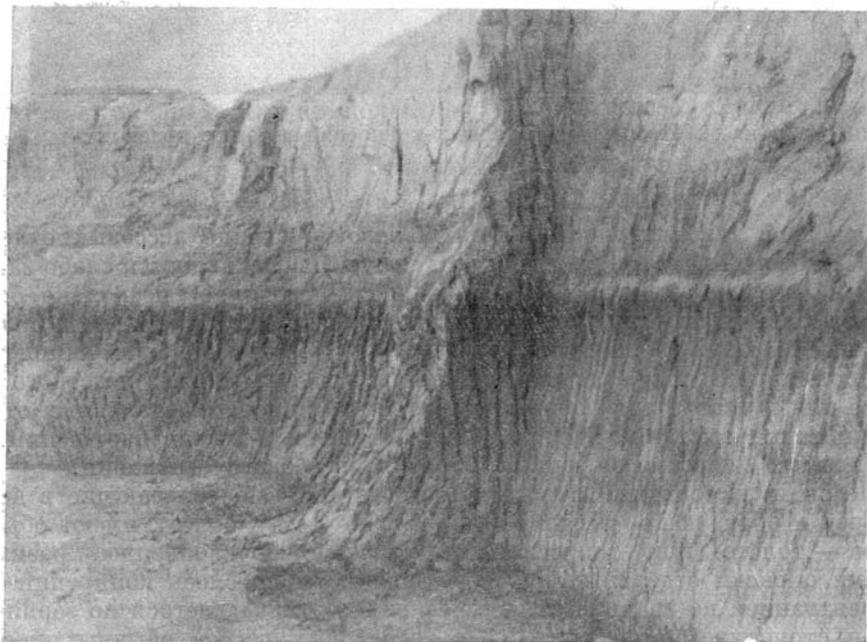
В восточной части Плато провинции Шаньси в глубоких оврагах, прорезающих толщу лёссов и на склонах водоразделов местами ясно прослеживается от 4 до 7 разноокрашенных мощных горизонтов лёсса. Наличие меньшего количества этих горизонтов обусловлено процессами эрозии и денудации верхней пачки горизонтов или фациальным изменением лёссовой толщи.

Среди пылеватых серовато-желтых лёссов, легко растирающихся между пальцами и имеющих заметное пористое строение, обычны более плотные суглинистые лёссы, а в некоторых горизонтах — лёссы, по внешнему виду и строению схожие с хорошо отсортированными суглинками. Плотные, даже каменные лёссы наиболее характерны для нижней части лёссовой толщи (фиг. 5).

Прослой песчаных и даже гравийных отложений в лёссах не случайны. Они чаще всего прослеживаются в основании лёссовых отложений и вблизи скалистых выходов коренных пород, перекрытых лёссами. В толще лёсса от контакта с выступом коренных пород отходит в таком случае несколько постепенно убывающих по мощности прослоев грубообломочного, плохо окатанного или неокатанного материала (галечники, гравелиты, или такой же материал, но состоящий из угловатых обломков), сменяющегося на расстоянии десятков метров дресвяным или песчаным материалом (фиг. 6). Грубообломочный материал в разрезе незаметно и постепенно или

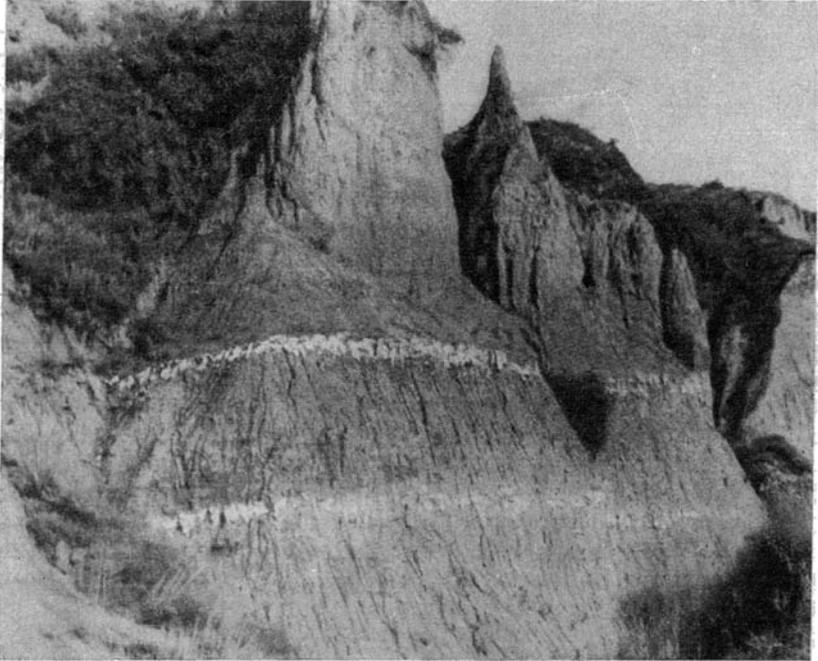


**Фиг. 2.** Слоистая толща лёсса в дорожной выемке.



**Фиг. 3.** Толща лёссов с элювиально-почвенными горизонтами.

резко на сравнительно небольшом расстоянии переходит в мелко- и тонкозернистый материал. Такое строение толщи лёссов заметно бывает только на хорошо расчищенной, гладкой стенке обрыва. В обычных обнажениях такую картину наблюдать не удастся. В основании лёссовых отложений во многих разрезах прослеживаются галечные и гравийные отложения, состоящие из обломков подстилающих пород.



Фиг. 4. Прослой известковых конкреций в толще красных и желтых лёссов.

Основной закономерностью фациального изменения лёссовых отложений Лёссового плато в провинциях Шаньси и Шэньси является слабо заметный, но все же отчетливо проявляющийся переход от несколько более грубых и плотных суглинисто-песчанистых разностей, залегающих вблизи наиболее высоких вершинных точек Плато, к тонко пылеватым глинистым мучнистым разностям, расположенным в краевых частях лёссового покрова или в центре лоткообразных впадин, в наиболее удаленных от сохранившихся выступов некогда существовавших, а ныне разрушенных и перекрытых наносами коренных пород подлёссового основания.

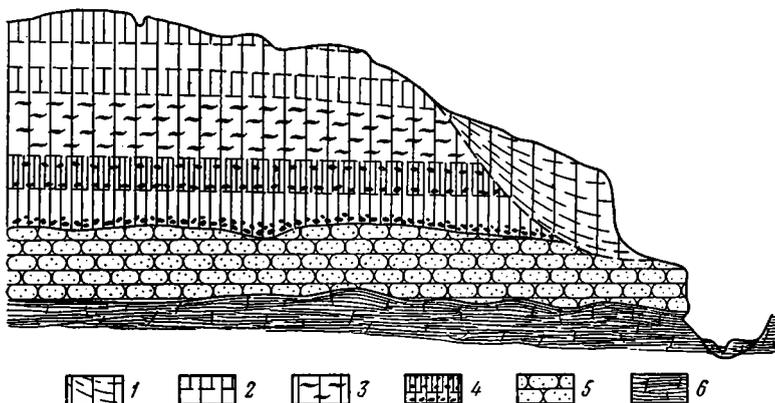
Лёссы и лёссовидные породы Шаньси и Шэньси, залегающие в долинах рек и образующие несколько террас (до 4—5 и более), имеют обычно ясное — толсто- или тонкослоистое строение, обусловленное разными тонами окраски отдельных прослоев, наличием прослоев конкреций или концентрацией по границам слоев несколько отличающегося по зернистости и структуре материала. Среди террасовых лёссов обычны прослой и линзы гравийно-галечникового и песчаного материала, что отличает эти лёссы от других разностей.

Наиболее тонкозернисты и однообразны лёссы на склонах глубоких оврагов, речных долин или на склонах высоких водоразделов Лёссового

плато. Среди этих пород также наблюдается слоистость, встречаются известковые конкреции, горизонты ископаемых почв. Здесь можно выделить два типа лёссов — один плотный, напоминающий обычный глинистый суглинок, красного или красно-желтого цвета, называемый иногда «каменным лёссом», другой более рыхлый мучнистый лёсс, серо-желтой окраски.

Почти для всех лёссовых пород Китая характерна их известковистость.

В отношении изучения минералогического состава китайских лёссов сделано еще очень немного (изучался обычно состав крупных фракций).



Фиг. 5. Разрез яснослоистой толщи лёссовых пород на 333 км шоссе, в 12 км к югу от Яньяня.

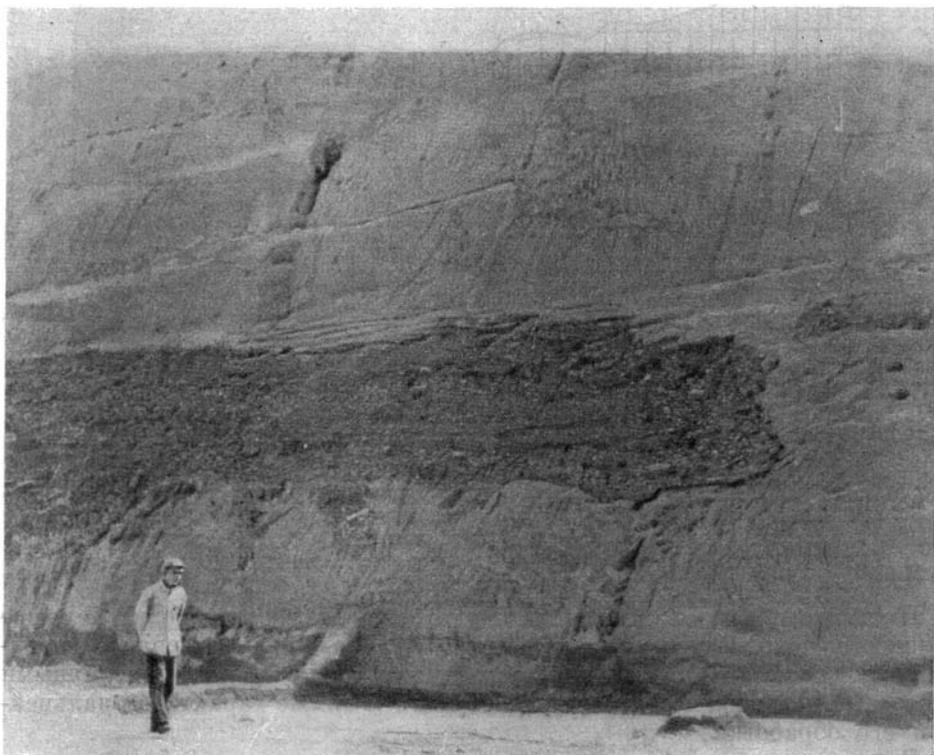
- 1 — делювиальные слоистые лёссовидные суглинки, мощность около 20 м; 2 — светлые лёссы, мощность 15 м; 3 — желтые лёссы, мощность 12 м; 4 — красные суглинки с прослоем галечника (0,5 м), мощность 16 м; 5 — песчаники, мощность 7 м; 6 — глинистые сланцы.

Имеющиеся данные показывают, что в состав лёссов входит большое количество минеральных компонентов, обусловленное, очевидно, неодинаковым составом разрушавшихся материнских пород, различными способами переноса и отложения материала, а также характером дальнейшей его обработки.

Для установления происхождения лёссов Китая имеет большое значение изучение в них ископаемых почвенных горизонтов. Однако гумусовое вещество лёссов пока не подвергалось столь детальному изучению чтобы можно было определенно говорить о его почвенном происхождении.

В отношении форм залегания и мощности лёссов Китая существует много указаний в геологической литературе, но единого мнения пока по этому вопросу еще нет. Правда, большинство китайских и советских геологов, рассуждая логически, считают, что мощность лёссов в несколько сот метров (до 400 м) неправдоподобна. Китайские геологи давно уже, но робко, высказывали свои соображения, что мощность лёссов на Лёссовом плато не так значительна. Мы уже отмечали, что большая мощность лёссов принималась неправильно потому, что определялась она не для какого-то одного генетического типа лёссов, а фактически бралась суммарной для нескольких видов и соответственно для нескольких возрастов. Мощность лёссов вычислялась от их поверхности на Плато до видимого основания на склонах гор и у их подножий. Сюда входила как мощность лёссов верхней части Плато, залегающих горизонтально или полого наклонно, так и делювиальных лёссов на крутых склонах. В таком случае точки превышения на Плато по сравнению с глубокими оврагами или доли-

нами рек имели величину 200—300 и даже 400 м. На самом деле, в таких разрезах мощность лёссов на Плато не превышала нескольких десятков метров, а мощность делювиальных лёссов (от подошвы до кровли по кратчайшему расстоянию, а не по вертикали) была еще меньше (фиг. 7). Наибольшая мощность лёссов, отмеченная нами на Плато 40—60 м. Мощность лёссов в понижениях древнего (долёссового) рельефа увеличивается на 20—30 м. Таким образом, наибольшая нормальная мощность лёссов не превышает 100 м, но обычно равна 40—50 м. Не исключена возможность



Фиг. 6. Линза галечников в светлых лёссах.

встретить лёссы и несколько большей мощности на отдельных участках Плато, приуроченных к местным понижениям древнего рельефа. Но это скорее будет аномалия мощности, чем закономерный случай.

Другое положение наблюдается на склонах современных глубоких оврагов или сухих долин, прорезающих в различных направлениях лёссы Плато. Они смыты дождевыми (а иногда и снеговыми) водами с плато на его склоны и представляют типичные делювиальные и овражно-аллювиальные отложения. Такие вторичные лёссы плащом или покровом в несколько метров или максимум в несколько десятков метров, перекрывают как первичные лёссы, так и подстилающие их породы. По внешнему виду и строению лёссы Плато и его склонов часто не отличаются друг от друга.

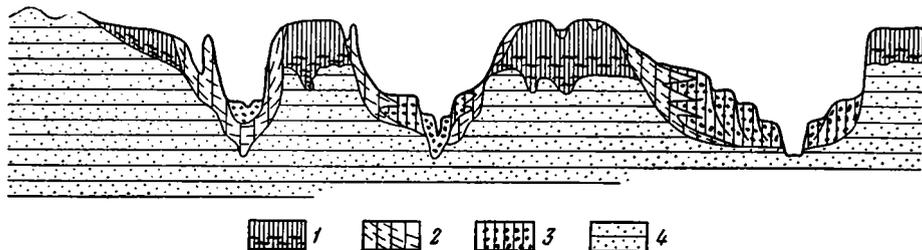
Наибольшая мощность вторичных делювиальных лёссов устанавливается в основании крутого склона древнего рельефа и в месте перехода его в более пологий склон.

Лёссы на речных террасах имеют несравненно меньшую мощность, чем лёссы Плато и делювиальные лёссы (несколько десятков метров).

Нередко, однако, цоколь высоких террас бывает прикрыт делювиальными отложениями, и тогда истинная мощность аллювиальных лёссов трудно определяема.

Часто в лёссах наблюдаются следы быстрой и глубокой эрозии и карстовых явлений. Лёссы легко разрушаются водой, обрушиваются, нарушая поверхность склонов и посевные площади. Разрушение лёссов происходит в результате просачивания воды и вымывания лёссов вначале по небольшим трещинам, а затем по извилистым более широким ходам и пещеркам. Выходящая по этим трещинам вода снова проявляет разрушающую деятельность ниже по склонам, до самых их оснований.

Остановимся теперь на вопросе образования лёссов.



Фиг. 7. Общая схема залегания лёссов.

1 — первичный лёссовый покров; 2 — делювиально-пролювиальные вторичные лёссы; 3 — пролювиально-аллювиальные лёссы; 4 — песчаники (Тг, Ст, J и T).

Анализируя состав, фациальные изменения, залегание, мощность и распространение лёссов, а также особенности геоморфологии и неотектонических движений, мы не можем согласиться со взглядами крайних эолистов, утверждающих, что лёссы в первичном своем происхождении — продукт деятельности ветра. Мы также не можем согласиться с мнением тех исследователей, которые утверждают, что лёссы образовались только элювиальным или только пролювиальным способом. Не приходится говорить о лёссах как об элювиальных и почвенных образованиях, возникших за счет любых тонкозернистых глинистых пород. Как нам кажется, не приложимы к объяснению генезиса китайских лёссов водно-ледниковая и ледниковая эоловая гипотезы, а также гипотеза только делювиального происхождения.

Мы выделяем следующие главные условия образования лёссов Китая:

1. Особые формы рельефа, благоприятные для накопления тонкозернистых пылеватых (по зернистости) осадков: большие полого-наклонные или почти равнинные поверхности.

2. Климатические условия, благоприятствовавшие накоплению и одновременной значительной обработке мощных толщ однообразных осадков.

3. Разрушающиеся мощные и более или менее однообразные более древние коренные породы, явившиеся материнскими породами для образования лёссов.

4. Особые гидрогеологические и гидрологические условия области накопления лёссового материала, способствовавшие формированию на протяжении продолжительного геологического времени особых окончательных свойств лёссов.

5. Специфическая направленность неотектонических движений, способствовавшая непрерывному накоплению тонкообломочного материала и сносу его из области разрушения горных кражей в область накопления и лёссового преобразования.

6. Характерная палеогеографическая и орографическая обстановка на территории областей образования первичных осадков лёссовой толщи, определявшая непрерывное поступление и накопление первичного материала не на всей площади современного Лёссового плато, а в отдельных полуизолированных широких депрессиях и на пологих предгорных склонах.

Остановимся несколько подробнее на условиях формирования китайских лёссов.

Особенно благоприятными условиями накопления тонкозернистого и мелкозернистого материала, аналогичного материалу лёссовых толщ, обладают широкие предгорные или межгорные равнины наподобие Северо-Китайской равнины, равнины между восточной частью Наньшаня и Бейшанем (в Китае) и Ферганской равнины (в СССР). Меньшего размера межгорные или предгорные равнины могут быть указаны в соответствующих климатических зонах и в Китае, и в СССР. Независимо от масштабов этих равнин на них происходит отложение делювиальным, пролювиальным и аллювиальным способом довольно однообразных, преимущественно пылеватых, суглинистых осадков. В верхней части толщи эти осадки разрыхляются, превращаются в лёссоподобные или обычные лёссовые породы. Образование таких толщ происходит на плотных породах, сравнительно разнообразных по зернистости и составу, но в общем имеющих вид отсортированных или грубых суглинков. В результате здесь формируются обычные лёссовые породы, характерные для верхней части толщи лёссов Плато. Следовательно, мы вполне можем предполагать, что рельеф и иные условия образования первичных лёссов были, может быть, не полностью, но во многом аналогичными, некоторым современным предгорным областям. Исходя из анализа современных форм рельефа предгорных равнин, вполне можно предполагать существование в четвертичное время в области современного Лёссового плато и в более восточных и западных провинциях Китая ровных или полого-наклонных обширных поверхностей равнинного типа или лоткообразных широких (межгорных) долин.

Первоначальный рельеф этих равнин был не однообразным: здесь существовали широкие и глубокие овраги и балки, а также останцы коренных пород. Но процессы пенеппенизации и отложения материала за счет разрушения выступов коренных пород и, в основном, за счет разрушения массивов горного обрамления равнин постепенно выравнивали эти выступы и впадины. Горные хребты в своих краевых частях, погружаясь под продукты разрушения, как бы погребали сами себя и создавали тем самым типичные формы полого-наклонных поверхностей выравнивания вблизи останцов и горных цепей, образуя почти горизонтальные поверхности рельефа в удаленных от них периферических участках. Дальнейшее разрушение оставшихся горных кряжей приводило к еще большей пенеппенизации, т. е. к образованию однообразно наклонных равнин, названных нами монопленами. Моноплен — это тоже «почти равнина», но расположенная по одну сторону бывшего горного массива и имеющая ясно выраженный, несколько больший наклон в своей передней или головной части (у склонов хребтов) и почти горизонтальная в краевой периферической части, т. е. на большом удалении от хребтов. В широких межгорных равнинах или впадинах, расположенных между двумя горными хребтами, у каждого хребта существовал свой моноплен. Строение таких поверхностей моноппенизации у каждого хребта может быть разное. Одни поверхности могли быть обширны и полого наклонены, другие — более узкие и более круто-наклонные, у третьих могли наблюдаться более или менее резкие изменения наклона в предгорной части по сравнению с полого-наклонной или горизонтальной поверхностью в периферической части.

В межгорных равнинах моноплены своими периферическими частями сливались, образуя либо плоскую горизонтальную или слегка наклонную в ту или другую сторону долину, либо плоскую лоткообразную форму поверхности широкой долины.

Такие широкие равнинные области очевидно существовали в четвертичное время в Китае и в Средней Азии в качестве основных областей накопления первоначального лёссового материала. В некоторых случаях вполне возможно предполагать существование больших речных долин или крупных плоских озер на поверхности этих равнин. Но развитие таких впадин или долин не всегда происходило на первой стадии развития монопленов. Современные крупные реки и их притоки, расположенные среди лёссовых пространств, могли зародиться в более позднее четвертичное время, когда основная масса первичного материала уже отложилась. Строение речных долин в области Лёссового плато подтверждает это заключение. Аккумулятивные древние террасы р. Хуанхэ и ее притоков в области Лёссового плато образовались значительно позднее первичного Лёссового плато. Все они вложены в толщу первичных лёссов. Однако нет оснований полностью отрицать существование крупных рек в областях монопленов, отлагавших лёссовый материал (подобно современной блуждающей нижней части р. Хуанхэ) и стекавших на север по древнему моноплению хр. Циньлин или хр. Наньшань, а может быть, и хр. Тайханшань. Все же основной материал для образования лёссовых пород доставлялся на склоны монопленов не реками, а мелкими струйками, подобными тем, которые в современную эпоху создают широкие предгорные делювиальные и пролювиальные плащи. Такая сложная сеть мелких ручейков с одной стороны, нивелировала поверхность моноплена, переносила и переотлагала мелкообломочный материал на склонах, а с другой — размельчала его и переотлагала на ровной поверхности.

Процессы выветривания в свою очередь изменяли этот материал, приводя его как бы «к одному знаменателю» по внешнему виду, строению и составу. Эти же водные струйки заполняли неглубокие плоские впадины в рельефе, создавали мелкие обширные или небольшие водоемы, в которые также сносился тонкозернистый материал. Снос обломочного материала не был постоянным. Периоды смывания элювия с возвышенных участков чередовались со значительно более продолжительными периодами его просушивания, выветривания и почвообразования на всей поверхности моноплена.

Накопление мелко- и тонкозернистого материала на монопленах происходило за счет разрушения весьма различных горных пород, слагавших высокие хребты, и поэтому первичные осадки лёссовой толщи не могли иметь во всех частях моноплена одинакового состава. Они также должны были различаться и по зернистости и по мощности. И такой разнообразный состав и строение осадков остались бы у них и до сегодняшнего времени, если бы на них не действовал какой-то уравнивающий, суммирующий фактор, приводящий все разнообразные отложения к одному результирующему типу. Таким процессом явился, несомненно, элювиальный процесс (выветривание и почвообразование в условиях сухого жаркого климата).

Сравнивая продукты образования современных полупустынь «коридора Ганьсу» или некоторых западных участков Ферганской котловины в СССР, и, наконец, районов Северной равнины в КНР с образованиями более древних лёссовых отложений плато, можно прийти к выводу, что климат областей образования четвертичных лёссов мало чем отличался от климата современных областей образования лёссовых пород. Очевидно,

это был климат с преобладанием сухого, жаркого периода и с относительно небольшим количеством осадков, выпадающих в течение непродолжительного времени. Большая часть года характеризовалась климатом, способствовавшим глубокому просыханию накопившихся осадков. Ежегодное отложение новых порций лёссового осадка в основном происходило в короткий период стока поверхностных вод, а дальнейшее их диагенетическое преобразование в результате воздействия атмосферы, солнца растягивалось на более значительный промежуток времени. Однако преобразование первичного лёссового осадка начиналось не с периодов засухи. Жаркий климат и обильная влага в короткий отрезки времени года обеспечивали интенсивный процесс почвообразования, интенсивный биохимический процесс в верхнем слое осадков. В это время года вся поверхность моноплена, очевидно, покрывалась пышной растительностью. Наличие богатого растительного покрова, возникающего ежегодно и влияющего на переформирование новых осадков, определяло обогащение верхних лёссовых слоев органическим материалом (гумусом). Поэтому следы гумусовых прослоев в лёссах являются обычным явлением. Но накопление гумусового материала в большом количестве не могло происходить в лёссах, так как в последующий период года, когда наступала сухая жаркая пора, растительный материал и гумус разлагались — «сгорали». Минеральные частицы почвы и нижележащих слоев лёсса интенсивно выветривались. Перегруппировка химических элементов в осадках происходила в весьма ограниченных масштабах или ввиду отсутствия влаги, или в результате выноса материала из почв водой в довольно короткие промежутки времени года. Слабое промывание почв в сухие периоды года приводило к выносу из почв только самых подвижных, энергично выносимых элементов — хлоридов и сульфатов. Остальные элементы почвы, оставаясь в ней, давали новообразования в виде вторичных глинистых и других минералов. Этот процесс преобразования минерального вещества вновь отложившихся осадков отражает существо процесса облессования. Весьма характерным явлением в этом процессе следует считать также накопление углекислого кальция, всегда насыщающего лёссовые образования. Накопление солей кальция в процессе лёссообразования связывается с разложением алюмосиликатов (по Л. С. Бергу и др.). Образующийся в диагенезированных осадках карбонат кальция придает им новые специфические свойства. Углекислый кальций покрывает тонкими корочками частицы породы, цементирует их. Первичная слоистость осадков пропадает или становится почти незаметной, увеличивается пористость пород от свертывания коллоидальных минеральных частиц. Порода приобретает пылеватый состав, а в результате этого и просадочные свойства. Некоторые лёссовые породы могут не обладать просадочными явлениями потому, что они под давлением вышележащих толщ и благодаря смачиванию водой уже могли быть спрессованы и могли потерять былую пористость и внутреннюю ненарушенность.

В образовании лёссов не приходится отрицать и некоторой, но сравнительно малой, роли эолового материала, приносимого ветрами в область сноса пролювиальных, делювиальных и аллювиальных наносов. Несомненно эоловая пыль отлагалась на поверхности первичных лёссовых осадков и на поверхности уже диагенезированных, преобразованных масс и смешивалась с ними, усиливая характерные черты строения лёссов, усиливая процесс накопления материала. Но пылеватый эоловый материал, даже по признанию самых ярых сторонников ветровой гипотезы, мог накапливаться слоем, не превышающим одного миллиметра в год. Водные же осадки достигают значительно большей мощности. Образование

лессовидных суглинков на крутых или пологих склонах скалистых возвышенностей в настоящее время не превышает скорости элювиально-почвенной их обработки. Точно также лёссообразование в Китае и в других странах происходило при соответствующей климатической обстановке по мере приноса нового материала. В период высыхания и дальнейшей обработки лёссового материала подвергались повторным изменениям и нижележащие, ранее отложившиеся осадки. В связи с тем, что такая обработка лёссового материала возобновлялась ежегодно после отложения его водными струйками и проникала на значительную глубину, то более нижние слои первичного материала в зоне выветривания могли неоднократно, на протяжении длительного периода подвергаться процессу лёссообразования. Мнение некоторых исследователей о приобретении лёссовых качеств ранее образованными глинистыми породами в период и после образования всей толщи осадка, а не по мере ежегодного накопления их, не может быть признано правильным, так как в мощной (в несколько метров) толще пород элювиальные и почвообразовательные процессы редко проникают на такие большие глубины, тогда как степень выветрелости первичных осадков лёссовых пород весьма значительная. Об этом говорит состав лёссов (кварц, известь и глиняные, коллоидные минералы), структура, текстура и другие их свойства.

Ветровая пыль при накоплении делювиальных, пролювиальных и аллювиальных лёссовидных осадков могла являться лишь дополнительным материалом или представлять переветренный материал, возникающий из материнских лёссовых пород. Мы не можем отрицать роли эолового материала в образовании как материнских пород лёссов, так и самих лёссов. Но эти процессы перевевания, как нам кажется на основании изучения китайских лёссов, происходили только в областях преобразования коренных пород в лёссы. Материал для лёссообразования не приносился ветром из пустынь, расположенных далеко на многие сотни и тысячи километров. Объяснение этому положению мы находим в обратной фациальной изменчивости лёссовых пород внутри лёссового покрова как в западной части Лёссового плато, так и в более восточных его частях. По направлению к пустыням Алашань или Гоби, с удалением от горных хребтов, лёссовые образования Плато, в предгорьях которых они расположены, становятся более тонкозернистыми. По ветровой гипотезе должна была бы быть обратная последовательность в изменении градулометрического состава лёссов. И никак не мог бы изменяться неоднократно градулометрический состав лёссов, переходя по направлению заноса пыли из пустынь то в тонкозернистый, то в грубозернистый материал. А если провести прямую линию от пустынь Гоби и Алашань на юго-восток, то за областью песчаных пустынь мы пересечем минимум три обособленных лёссовых впадины, с их местным изменением фаций лёссовых отложений.

На основании изучения большого количества естественных разрезов лёссовой толщи Китая мы пришли к определенному заключению, что на первой и второй стадиях формирования лёссов провинций Шаньси, Шэньси и Ганьсу процессы аллювиальные, выветривания и новообразования пород играли значительно меньшую роль, чем на третьей, т. е. последней стадии лёссообразования. Процессы накопления глинистого, суглинистого и супесчаного материала на первых стадиях формирования первичных лёссовых пород преобладали над процессами преобразования осадков в лёссы. В нижней части, а иногда в нижней половине или в двух третьих частях лёссовой толщи снизу, наблюдается относительно более плотные и более грубозернистые, иногда каменные лёссовые породы, по

своим качествам и внешнему виду мало напоминающие обычные рыхлые пылеватые лёссы.

В. А. Обручев, посетив Лёссовое плато Китая 60 лет тому назад<sup>1</sup>, не обратил особого внимания на эту мощную толщу первичных лёссовидных пород, которые залегают всегда ниже типичных лёссов и которые часто являлись материнскими породами для образования лёссов.

Типичные лёссовые образования на всем Плато провинции Шаньси и Шэньси — слагают поверхностные участки, т. е. широкие ровные водораздельные пространства, склоны оврагов и склоны речных долин. Они как бы плащом покрывают все относительно более древние лёссовые отложения. Таких типичных лёссов в нижнем краснокаменном горизонте или в залегающем выше среднем горизонте рыже-желтых, розово-желтых или в желтых породах мы нигде не наблюдаем. В хороших естественных разрезах или в железнодорожных и дорожных выемках наблюдается непосредственное налегание светло-палевых, пылеватых лёссов на галечниковые базальные отложения лёссовой толщи или же на срезанную поверхность горизонтально и наклонно лежащих песчаниковых и песчано-сланцевых кайнозойских и мезозойских отложений. Но такое залегание обычно прослеживается в толще вторичных, делювиальных, пролювиальных или чаще всего, аллювиальных лёссов. Среди лёссов наблюдаются также потоки базальтовых лав, вулканических брекчий и туфов.

В районе г. Датуна лёссы самого обычного для Китая вида имеют широкое распространение. Они слагают широкие предгорные или межгорные долины, покрывая тонким плащом нижние части склонов высоких холмов и отдельные возвышенности. На верхней половине склонов гор и на вершинах хребтов лёссы отсутствуют и, судя по формам рельефа и делювиальным образованиям, на этих участках их вовсе не было. В одной широкой долине, где типичные делювиально-пролювиальные лёссы смыкаются с аллювиальными лёссовыми образованиями, известно около двадцати небольших вулканических конусов, сложенных базальтами, вулканическими брекчиями и туфолавами. Вулканический материал, в виде слоистых туфов светло-палевого и черного цвета, черных мелкообломочных вулканических базальтовых брекчий и в виде сплошных и агломератовых потоков базальта, залегают на светло-желтовато-серых типичных лёссах. Лёссы на контакте с лавовой массой почти не несут следов обжига, они только частично уплотнены и притом на расстоянии всего нескольких сантиметров от контакта с вулканическими породами.

Потоки базальтов и туфогенно-агломератовые образования в свою очередь покрываются более молодыми лёссами, но такого же типа, что и нижние лёссы. Поверхность вулканических пород и поверхность нижнего горизонта лёссов срезается подошвой молодых лёссов. Между лёссовыми горизонтами прослеживается граница скрытого стратиграфического несогласия со следами перерыва в отложении осадков и следами размыва и разрушения поверхности нижних лёссов.

Первое впечатление при изучении разреза через оба лёссовые горизонта и разделяющие их вулканические породы говорит явно в пользу эолового происхождения лёссов. Состав нижних и верхних лёссов никакой связи с петрографическим составом изверженных пород не имеет. Верхние лёссы покрывают частично склоны вулканических конусов, правда, в самом их основании. Но изучая расположение лёссового покрова в районе всей широкой межгорной долины, формы его залегания и фациальную изменчивость лёссовых пород, определенно приходим к заключению

<sup>1</sup> См. его статью в настоящем сборнике.

о делювиально-пролювиальном происхождении лёссов на предгорных склонах хребтов и об аллювиальном — во внутренней части межгорной долины. В последнем случае лёссы слагают речные террасы и отличаются от лёссов предгорий значительными прослоями галечникового и супесчаного материала.

Наша поездка по маршруту Тайюань — Убао — Яньань — Сиань дала очень богатый материал в подтверждение того, что типичные пылеватые лёссы верхнего горизонта лёссовой толщи Плато Шаньси и Шэньси образовались за счет выветривания, перемывания и процессов почвообразования двух нижних горизонтов лёссовой толщи. В бассейнах рек Фынхэ, Лохэ, Вэйхэ и др. пылеватые лёссы палевого цвета, залегаая на желтых, розово-желтых и красных суглинистых породах лёссовой толщи, как бы срезают или покрывают их горизонты. Следы перерывов в отложениях лёссовой толщи (особенно там, где имеются перерывы между верхним горизонтом типичных лёссов и нижележащими суглинистыми или каменными лёссовыми породами) отчетливее всего прослеживаются ближе к разделяющим первичные лёссовые впадины хребтам, чем в срединной части этих впадин.

Но при детальном изучении некоторых обнажений удается установить, что прослой известковых конкреций или сплошные прослои комковатых известковых пород, которыми богаты буро-красные, красные и рыже-желтые суглинистые породы, несогласно перекрывают палевые пылеватые лёссы.

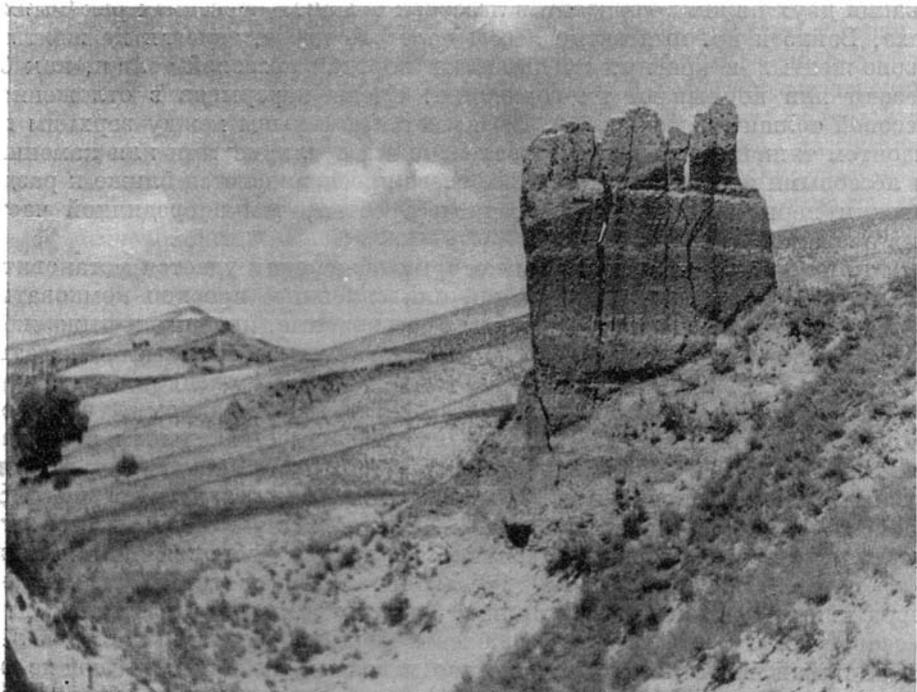
Следовательно, третий горизонт лёссовой толщи, в данном случае представленный типичными лёссами, не является самостоятельным образованием, возникшим в результате наноса материала на поверхность второго или на срезанную поверхность и второго, и первого горизонтов (фиг. 8). На прилагаемом фотоснимке со всей убедительностью показывается, что светлые типичные лёссы образовались в районе расположения останца за счет преобразования темных грубозернистых, но слоистых суглинистых пород нижней части лёссовой толщи. Этот снимок сделан в самом центре Лёссового плато, где хорошо выражены все три основных горизонта лёссовой толщи, подстилающиеся обычно галечниками или залегающие несогласно на более древних породах. Аналогичных примеров образования типичных лёссов за счет выветривания, промывания и почвообразования грубых суглинистых пород нижних горизонтов лёссовой толщи можно привести значительное количество (фиг. 9).

Среди лёссовидных суглинков иногда встречаются и бескарбонатные разновидности, абсолютно не вскипающие от соляной кислоты, связанные с разрушением различных неизвестковых пород. Но на поверхности таких суглинков также возникают лёссы, которые обладают обычными постоянными свойствами и в том числе карбонатностью и вертикальной отдельностью. Следовательно, эти свойства являются вторичными, приобретенными в результате преобразования некарбонатных пород.

Не следует предполагать, что первоначальное залегание лёссового материала не подвергалось нарушению во время отложения последующих слоев или во время элювиального и почвенного преобразования. Менялось строение поверхности толщи от действия водных струек и более мощных потоков; образовывались русловые долины, террасы, холмистые водораздельные формы; на их поверхности ветры создавали то развеваемые, то навываемые формы. В результате всех этих процессов происходила новая местная перетранспортировка материала и новое структурное преобразование осадков. Результатом процесса выветривания различных горных пород на склонах гор и в их предгорьях явилось преобразование пород разного

состава зернистости и происхождения в суглинки, лёссовидные суглинки и в лёссы.

Многие авторы различных гипотез образования лёссов полагают, что лёсс — это вторичная порода, образование которой могло происходить за счет преобразования различных горных пород. Одни считали возможным преобразование каких-то первичных или материнских пород в результате почвенных процессов, другие — в результате элювиального выветривания, третьи — путем делювиальной или аллювиальной переработки и т. п.



Фиг. 8. Формы выветривания красных и желтых слоистых лёссово-суглинистых пород. Образование светлых лёссов за счет красных и желтых лёссовидных суглинков.

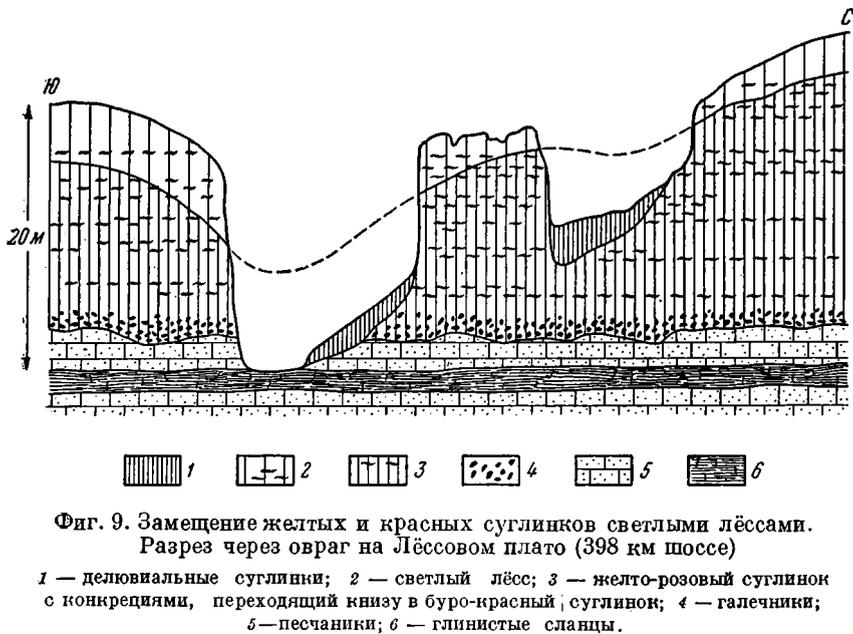
Некоторые ученые предполагают и обратное превращение лёссов в первичного рода породу. Так, например, С. А. Яковлев (1955), принимая во внимание, что лёсс не является константной горной породой, считает возможным такой ряд превращения лёссовидных пород: глина — лёссовидная порода — лёсс — лёссовидная порода — глина.

Его мнение о возможном преобразовании в лёсс разнообразных коренных пород осадочного, изверженного и метаморфического происхождения вполне нами разделяется (на основании материалов о китайских лёссах). Это мнение впервые высказал акад. А. П. Павлов (1903), который утверждал, что «в пустыне всякая порода стремится стать лёссом».

Большое значение при выветривании сформировавшихся отложений различных горизонтов лёссовой толщи имели гидрогеологические факторы. Подземная, в основном грунтовая вода в области распространения лёссов, так же как и в настоящее время, имела глубокое залегание. Главным водупором для грунтовой воды в лёссовых породах могли являться подстилающие нижние слои лёссовой толщи песчаниковые кайнозойские

и мезозойские образования и в некоторых случаях поверхность глинистых разностей лёссовых пород.

Процессы элювиального и почвенного разрушения приводили не только к перемещению составных частей осадка, к выносу материала в растворах в более глубокие слои и, следовательно, к изменению структуры осадков и пород, но одновременно почвенные процессы и выветривание приводили к формированию многочисленных горизонтов карбонатных конкреций или целых известковых прослоев комковатых образований. Накопление в лёссах карбонатного материала в виде прослоев было связано



Фиг. 9. Замещение желтых и красных суглинков светлыми лёссами.  
Разрез через овраг на Лёссовом плато (398 км шоссе)

- 1 — делювиальные суглинки; 2 — светлый лёсс; 3 — желто-розовый суглинок с конкрециями, переходящий внизу в буро-красный суглинок; 4 — галечники; 5 — песчаники; 6 — глинистые сланцы.

с выносом его из верхних почвенных горизонтов и с задержкой на менее водопроницаемом слое более глубоких горизонтов лёссовой толщи. Наличие в лёссах прослоев известковых конкреций (журавчиков, дутиков, жеод и сплошных прослоев) может свидетельствовать о нахождении в лёссах, несколько выше известковых прослоев, ископаемых горизонтов почв, часто не отличимых по внешнему виду от общей массы лёссов.

В разрезах лёссовидных суглинков нижней части лёссовой толщи в долине р. Фынхэ прослой или линзовые включения известковых конкреций имеют характерное сталактитовое строение. От одной плитовой залежи известковой конкреции наблюдаются отростки по направлению к более нижним горизонтам толщи. Аналогичного типа конкреции или даже целые известковые (комковатые) прослоев прослеживаются в нижней части лёссовидной толщи всего Лёссового плато Китая.

Образование сплошных прослоев комковатого известняка или цепочкообразных прослоев известковых конкреций в грубозернистых, каменистых суглинках, лёссовидных и лёссовых породах может являться результатом отложения известковых солей, вымываемых грунтовыми водами в нижние горизонты почвы при формировании почв на отдельных стадиях накопления материнского лёссового материала, но может также объясняться отложением известкового материала в лёссовой толще грунтовыми водами выше местного водоупора. Следовательно, количество прослоев

известковых конкреций (а их иногда насчитывают в разрезе лёссовой толщи десятками) может говорить о соответствующем количестве временных перерывов в отложении лёссового материала и о преобладании процессов элювиального выветривания и почвообразования, связанных с этими перерывами.

Выше каждого прослоя известковых конкреций почти всегда в разрезе лёссовой толщи устанавливается более темноцветный прослой красного, буро-желтого, а иногда и почти черного цвета. Возможно, что эти темноцветные прослои в лёссах и лёссовидных суглинках всегда являются ископаемыми гумусовыми горизонтами (горизонты А и В) почв.

Состав большинства лёссов Китая и Средней Азии говорит о том, что они образовались в результате разрушения местных коренных горных пород, что свидетельствует против переноса первичного материала ветром из соседних областей, удаленных на значительное (тысячекилометровое) расстояние. Об этом же говорит присутствие в лёссах значительной доли фракции тяжелых минералов.

Незначительные изменения в составе лёссовых отложений все же позволяют предполагать разрушение более или менее однообразных коренных пород. Ныне уцелевшие возвышенности, разделяющие главные области сноса лёссового материала и подстилающие лёссовую толщу породы основания как в западной части Лёссового плато, так и в его восточной и других частях, представляют довольно однообразные песчаниковые или песчано-глинистые породы, хотя и имеют в различных местах разный возраст.

Большая мощность первичных лёссовых пород несомненно была обусловлена непрерывным поднятием горных массивов, с которых сносился обломочный материал. Такие поднятия окружали впадины, в которых накапливался обломочный материал, преобразовавшийся в лёссовые толщи. Такие поднятия отмечаются в области Лёссового плато во многих местах и в настоящее время.

Особенно хорошо прослеживаются следы дифференцированных вертикальных движений в области, расположенной восточнее г. Тайюаня. Реки, врезающиеся там в лёссовые и коренные породы, протекают то в узких ущельях, то выходят в широкие аккумулятивные долины, образуя сложные меандры. Такое быстрое изменение поперечного профиля каждой в отдельности реки обусловлено вертикальными дифференцированными блоковыми движениями, характерными для всех западных гор, обрамляющих Великую Китайскую низменность. Меандры рек нередко глубоко врезаются в коренные породы, несогласно подстилающие лёссовидные образования.

Мощность лёссовых пород в западном направлении к Тайюаньской долине, к долине р. Фынхэ постепенно увеличивается. Восточнее г. Тайюаня на склонах широкой долины р. Фынхэ в оврагах прослеживаются сплошные разрезы лёссовых пород с прослоями косослоистых ложбинных осадков и осадков озерного типа (тонкослоистые, глинистые породы). Лёссовидные суглинки встречаются всюду на склонах и вершинах невысоких холмов. Ниже светлых лёссовых пород обнажаются желто-красные, а еще ниже буро-красные суглинки и глинистые породы с отчетливо выраженной слоистостью и несколькими горизонтами измененных ископаемых почв. Мощность лёссовых пород достигает в этом районе 10—12 м. В перетолженном состоянии суглинки имеют вид обычных лёссовых пород. Среди лёссов прослеживается несколько горизонтов ископаемых почв, а в основании всей лёссовой суглинистой толщи, под грязно-желтыми, грязно-серыми и красными породами располагаются сплошным или линзовым слоем гравийные галечники мощностью в несколько метров. Следуя

по долинам рек в восточном направлении к горному краю, прослеживается заметное уменьшение мощности лёссовых пород. Лёссовый покров начинает прерываться, лёссы сохраняются лишь в западинах между холмами, а ближе к центру хребта исчезают. Залегают лёссы на склонах хребта на неровной, наклонной к западу поверхности.

Вдоль р. Фынхэ аллювиальные лёссовые отложения выполняют долину различной ширины. Местами эта аккумулятивная долина имеет ширину 30—50 км, а примерно в среднем течении Фынхэ эта долина сужается и аллювиальные лёссовые отложения почти отсутствуют. На более высоком уровне в Фынхэйской впадине распространены первичные красные и желтые лёссовые породы, покрытые сверху обычными, палевого цвета лёссами.

К западу от г. Тайюань в долине р. Фынхэ и на склонах гор наблюдается также последовательность в напластовании различных разновидностей лёссовых пород. На срезанную поверхность коренных песчаных пород несогласно налегают, то с галечниковым в основании горизонтом, то без него, красные каменные и глинистые лёссы, выше них лежат желто-бурые, а еще выше розово-желтые и желтые суглинки, покрывающиеся светлыми, палевого цвета лёссами. Породы всех горизонтов имеют отчетливую слоистость, особенно хорошо проявляющуюся в нижних горизонтах лёссовидных пород (прослой известковых конкреций и дутиков). Вертикальная мощность всей толщи лёссовидных пород достигает там местами 35—40 м.

На западных склонах хребта, разделяющего р. Хуанхэ и р. Фынхэ на срезанной поверхности коренных песчано-сланцевых пород залегают галечники, гравийники и грубообломочные лёссовидные породы. В лёссовидных породах красного и желтого цвета мощностью 15—20 м прослеживаются до шести горизонтов гравийников и галечников. Галечники особенно часто встречаются в краевой восточной части покрова лёссов в соседней к западу впадине (Яньаньская впадина). С удалением в западном направлении от водораздела лёссовая толща становится более однообразной, увеличивается ее мощность, и в ней в редких случаях встречаются прослой грубозернистого материала. Но в краевой, южной части этой первичной впадины прослой гравийного и галечного материала, а также прослой известковых конкреций среди красных и желтых лёссовых пород встречаются в большом количестве. Эти прослой протягиваются более выдержанными горизонтами на значительном расстоянии вдоль всего края лёссового покрова, в соседстве с выступами коренных пород.

Для образования лёссовых отложений не все палеогеографические и тектонические условия были благоприятными. Если бы равнина, на поверхности которой накапливался материал, была обрамлена высокими горными кряжами и характерным альпийским (сложно-расчлененным высокогорным) рельефом, то среди лёссов мы повсеместно должны были бы наблюдать чередование галечниково-глыбово-песчаного материала с суглинками и лёссом, подобно тому, что мы в настоящее время имеем во многих предгорных равнинах Средней Азии, Китая и других стран. Лёссовые отложения Китая иногда содержат небольшие выклинивающиеся прослойки крупнообломочного материала. Значительно чаще крупнообломочный материал прослеживается в основании лёссовой толщи. Как бы далеко ни заходили процессы выветривания и почвообразования первичных лёссовых отложений, все же в лёссах должен был сохраняться крупнообломочный материал. Галечники и гравийный материал не могли полностью превращаться в лёсс. Однако некоторые исследователи склонны считать, что лёссообразование может превращать галечники, конгломераты и другие подобные породы в новообразования без остаточных

продуктов, и тогда лёссы, естественно, не должны содержать прослой грубообломочного материала.

Следовательно, палеогеографическая обстановка образования первичного осадка, и преобразования его в лёсс была несколько иная, отличающаяся от типичных современных межгорных и предгорных равнин, окруженных высокими скалистыми хребтами. Такая обстановка, очевидно, существовала на более ранней стадии развития лёссовых равнин; она предопределила особую направленность всех процессов лёссообразования.

История геологического развития областей накопления лёссового материала в Китае представляется нам в следующем виде.

В доальпийское или в альпийское время тектонические движения привели к формированию высоких горных кряжей, которые по мере своего образования и в последующие этапы развития подвергались интенсивным процессам эрозии и общей денудации. Обломочный материал разрушения этих горных массивов поставлялся в предгорные и межгорные обширные равнины, возникшие за счет сnivelированных возвышенностей, или платообразных поверхностей, или за счет грабенообразных опусканий. Сначала происходило накопление триасовых, юрских и меловых, а затем третичных песчано-конгломератовых и глинистых толщ. К концу третичного времени и к началу четвертичного времени на широкой площади бывших горных кряжей возникли в значительной степени выравненные поверхности с островными грядами не таких уже высоких и расчлененных гор, какие существовали в дочетвертичное время. Осложнение палеогеографической обстановки в нижнечетвертичное время могло произойти в результате развития дизъюнктивных (глыбо-блоковых) дислокаций. В сферу последующего разрушения могли быть включены также меловые и третичные обломочные отложения. Процессы дальнейшей нивелировки выступов коренных пород и сноса обломочного материала не бурными селевыми и речными потоками, а в основном, небольшими струйками (с обширной поверхности всех в значительной части сnivelированных первичных и новообразованных возвышенностей) приводили к накоплению первичного делювиально-пролювиального, а местами и озерного материала на равнинах или на полого наклонных скатах.

Значительная мощность лёссов в предгорных районах объясняется также и тем, что в областях бывших горных кряжей происходили непрерывные или периодические медленные вертикальные поднятия, а в областях накопления первичного лёссового материала такие же опускания. Свидетелями былых периодических поднятий в современных горных массивах, обрамляющих области лёссовых пород, являются нагорные поверхности выравнивания, расположенные иногда в рельефе выше лёссовых отложений на сотни и тысячи метров (Наньшань, Циньлин, Сишань и др.).

О вертикальных движениях земной коры, происходивших после образования нижних горизонтов лёссовой толщи могут говорить уступы, прослеживающиеся вдоль долины р. Фынхэ. С вершин хребта обрамляющего лёссы долины Фынхэ с запада, заметны два уровня холмистой поверхности лёссов бассейна этой реки. Лёссы в широкой долине Фынхэ располагаются значительно ниже лёссов предгорных возвышенностей хребта. Между лёссами одной и другой ступени наблюдаются уступы (цоколи), сложенные коренными породами.

В толще лёссов такие поднятия повсеместно отмечаются вложенными или врезанными террасами, вложенными веерообразными конусами выноса и другими формами. «Пульсирующим» характером поднятий возвышенных участков может до некоторой степени объясняться разделение лёс-

сов на главные 3 (местами 4—7), отличающихся по цвету и составу горизонта, наблюдающихся на лёссовом плато Китая.

Нам кажется, что общее первоначальное изменение мощности лёссового покрова Северного плато зависело не только от рельефа подстилающего фундамента и от количества сносимого на равнину материала, а в большей степени от тектонической жизни равнины и окружающих ее возвышенностей. Современное Лёссовое плато, вероятнее всего, не было ранее единым бассейном накопления материнской лёссовой толщи. Лёссовое плато, очевидно, представляло в момент накопления материала нижних двух горизонтов первичных лёссовых пород, несколько разобщенных районов сноса и накопления материала. Намечается минимум четыре таких района или бассейна сноса и накопления материнских лёссовых отложений, характеризующихся широкой лоткообразной формой (фиг. 1). Такие районы представляли широкие межгорные долины, окруженные с трех сторон скалистыми массивами, с которых сносился обломочный материал, а с четвертой стороны каждый из этих районов был открыт в направлении более широкой равнины или долины.

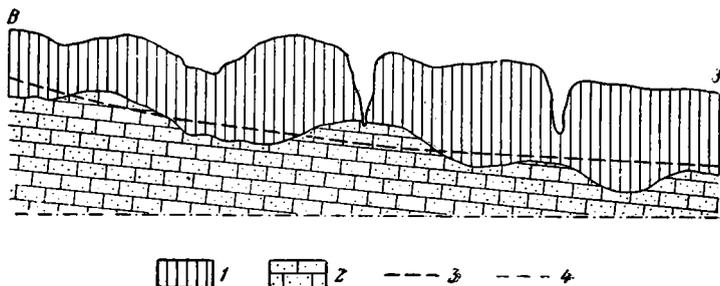
Одна такая широкая лоткообразная долина располагалась к северу от современного хребта Циньлин, совпадая с современной р. Вэйхэ и имея широкое направление и выход на востоке в сторону р. Хуанхэ (широтная впадина). Другая обширная долина имела меридиональное расположение и открывалась в сторону г. Иньгуан (западная впадина). Третья, параллельная предыдущей, — также имела меридиональную ориентировку и совпадала в своем расположении с верхним течением р. Лохэ и восточным меридиональным коленом р. Хуанхэ (центральная Яньаньская). Четвертый самостоятельный район накопления лёссовых отложений совпадал с современной долиной р. Фынхэ (восточная впадина). Общий наклон этой длинной и широкой межгорной долины был на юг в сторону резкого изгиба р. Хуанхэ.

Неосомненно, что охарактеризованные межгорные долины имели местные морфологические особенности в виде внутренних перемычек или замкнутых в периферийных частях. Такими замкнутыми бессточными долинами могли быть западная и центральная впадины, выходявшие одной своей стороной к хр. Алашань и Ордосу. Такое суждение о строении замкнутых или полузамкнутых бассейнов или районов накопления первичного лёссового материала приходится делать на основании самого общего анализа в расположении фаций грубо-, мелко- и тонкозернистых отложений лёссовой толщи прослеживаются в соседстве с уцелевшими от разрушения горными возвышенностями, разделенными обособленными районами накопления лёссовых материнских отложений. На водораздельных хребтах на высоте 1500—1900 м между Хуанхэ и Фынхэ на вершинах и склонах хребтов лёссы не наблюдаются. Вместо лёссов на склонах хребтов и в их западинах залегают обычные делювиальные суглинки небольшой мощности.

Изменение мощности лёссовой толщи должно было происходить закономернo. В краевой части лёссового покрова каждого района мощность была минимальной, а наибольшая мощность была в центральной обширной части покрова, которая соответствовала переходу относительно более крутых склонов древнего рельефа в пологие или равнинные горизонтальные участки.

Изучение древнего рельефа впадин, на котором располагаются лёссовые отложения, позволяет предполагать существование внутри крупных впадин относительно более мелких впадин, разделенных между собой выступами коренных пород, которые впоследствии при накоплении лёссового материала были сивелированы и покрыты более молодыми лёс-

сами. Поэтому внутри лёссовых толщ у таких выступов древнего основания закономерно прослеживаются линзовидные или выклинивающиеся галечниковые и гравийные прослои. Древний долёссовый рельеф был очень сложен, об этом можно судить по контактовой поверхности подошвы красных каменных или суглинистых образований лёссовой толщи. Лёссовые породы залегают то наклонно, то на горизонтально залегающих песчаниках и сланцах триасового, юрского, мелового и третичного возраста. Подошва лёссовой толщи то погружается, то залегает высоко на коренных породах. Поэтому в бортах речной долины, прорезающей лёссовую толщу, обнаружаются попеременно то различные горизонты лёссов, то коренные подстилающие породы. Углубления в древнем рельефе местами достигают 15—20 м (фиг. 10).



Фиг. 10. Продольный профиль русла одного из притоков р. Хуанхэ, заложенного в лёссах Плато. Русло реки пролегает ↓ то в коренных, то в лёссовых породах.

1 — лёссовые породы (O); 2 — песчаники (J + T); 3 — кривая продольного профиля; 4 — условный горизонт

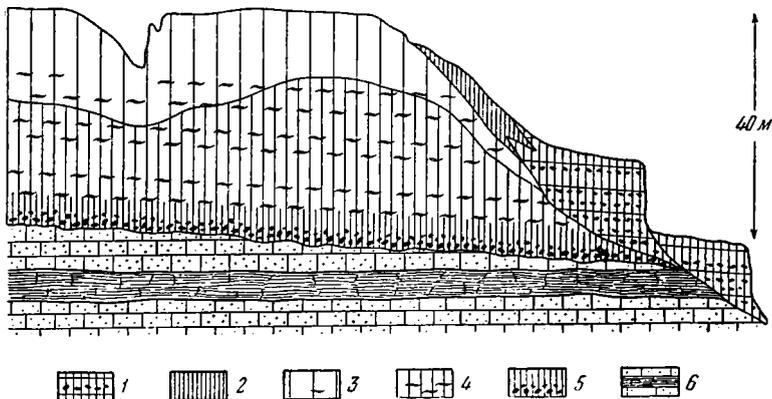
Мощность отдельных горизонтов лёссовой толщи в различных участках даже в одной первичной впадине меняется в больших пределах. В средней части лёссовой впадины, по дороге из Убао в Сиань, большую относительную мощность имеют то красные суглинистые образования с прослоями дутиков и известковых конкреций, то отложения верхнего лёссового горизонта.

Так, например, по дороге на Сиань у столба с отметкой 451 км нижний горизонт лёссовой толщи, представленный рыже-красными суглинками с дутиками и конкрециями, имеет мощность более 30 м, средний горизонт, выраженный серо-розовыми лёссовыми суглинками, имеет мощность 15 м, а верхний горизонт типичных лёссов имеет мощность 8—10 м. На 405 км этой же дороги нижний горизонт имеет мощность 6 м., средний — 9 м, а верхний горизонт типичных лёссов имеет мощность 15—20 м. На 404 км верхний светло-желтовато-серый лёссовый горизонт залегает также на среднем горизонте и имеет мощность около 40 метров.

Верхний горизонт лёссовой толщи местами как бы срезает различные слои двух нижних горизонтов, а местами залегает даже на коренных песчаниках (фиг. 11).

Интересный пример аналогичного образования лёссовых осадков происходит на современной Великой Китайской равнине. Прилегающие к ней горы Сисянь непрерывно, но с некоторым замедлением или с остановками поднимаются, а вся область равнины погружается. Поднятие Западных гор устанавливается по наличию 7—8 террас и поверхностей выравнивания, расположенных на различной высоте (до отметки 700 и более метров в краевой восточной части хребта).

Выходя в область Северной равнины все речные террасы сначала сближаются по вертикали, а затем переходят на восток в погребенные террасы. По линии, где все террасы сближены, что наблюдается уже в предгорной части, на расстоянии нескольких километров от хребта, мощность аллювиальных и предгорных отложений самая незначительная (всего несколько метров), тогда как по данным последних геофизических исследований их мощность постепенно увеличивается и на расстоянии 50 км на восток она достигает уже сотен метров.



Фиг. 11. Образование лёссового горизонта за счет суглинков. Разрез лёссовой толщи Плато, 386 км шоссе к северу от Сианя.

1 — аллювиальный лёсс с галечниками; 2 — делювиальный лёсс; 3 — светлые, палевые лёссы; 4 — желтые лёссы, переходящие книзу в красные лёссовидные суглинки; 5 — грубозернистые красные суглинки с галечниками в основании; 6 — серые песчаники с углистыми сланцами.

С удалением от Сианя мощность континентальных осадков, сносимых с гор, должна постепенно увеличиваться до какого-то предела, а затем постепенно спадать до нулевой мощности, так же как и на первоначальной поверхности каждой в отдельности лоткообразной полуоткрытой лёссовой впадины Плато.

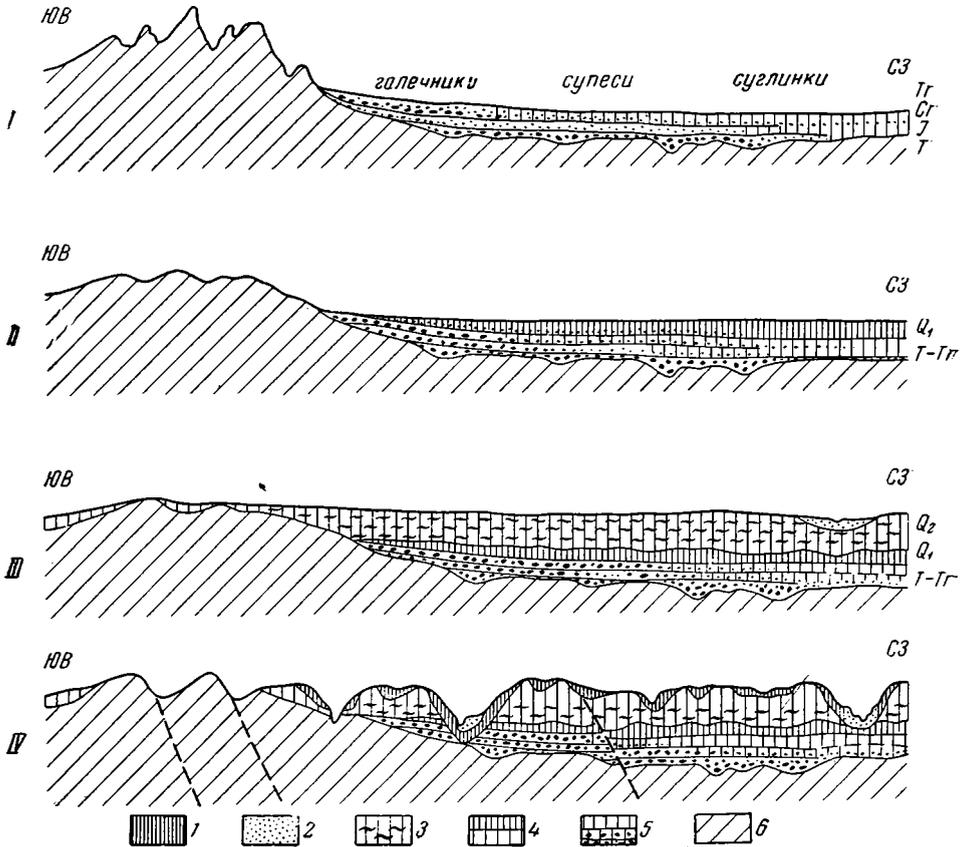
Но в Великой Китайской низменности общая мощность рыхлых образований, залегающих на древнем фундаменте, в восточном направлении непрерывно возрастает, и на линии берега Ляодунского залива достигает километровой величины. Объясняется это тем, что здесь основную роль уже играют, очевидно, не континентальные, а морские и речные отложения, которые фациально сменяют предгорные осадки. Аналогичное погребенное залегание высоких речных террас верховьев реки отмечалось в СССР у р. Кубани в нижнем ее течении, где она стекает в предгорья Кавказского хребта (по Г. Ф. Мирчинк).

Опускание современной Великой Китайской равнины и отдельных районов современного Лёссового плато местами совершалось по унаследованным крупным предгорным разломам. Такие разломы в подстилающих более древних, чем лёссы породах устанавливаются в некоторых частях Сианя. Такого же типа разломы, очевидно, существовали и по краям возвышенностей разделяющих отдельные впадины, или бассейны накопления лёссового материала.

Современное высокое положение Лёссового плато объясняется его поднятием в последующие эпохи, уже после образования типичных лёссов Плато. С поднятием Лёссового плато связана интенсивная глубинная эрозия, образование на склонах оврагов и долин делювиальных вторич-

ных лёссов и формирование аллювиальных террас, сложенных перемытым лёссовым материалом. На многих участках современное Лёссовое плато претерпевало поднятие, обуславливающее дальнейшую глубинную эрозию и интенсивное разрушение лёссов.

Некоторые притоки р. Хуанхэ и сама Хуанхэ к западу от Тайюаня прорезают лёссовую толщу до основания и глубоко врезаются в песчаниково-сланцевые и другие отложения мезозойского и третичного возраста,



Фиг. 12. Основные этапы формирования современного профиля лёссовой и подлёссовой толщ в центральной и западной частях Лёссового плато.

*I* — образование дочетвертичных галечников, супесей и суглинков; *II* — образование нижнечетвертичной подлёссовой толщи; *III* — образование первичного покрова лёссовых пород среднечетвертичного возраста; *IV* — образование вторичных лёссов ( $Q_{2-4}$ ).

1 — делювиальный лёсс; 2 — аллювий; 3 — лёсс среднечетвертичный; 4 — лёсс нижнечетвертичный; 5 — дочетвертичные галечники, супеси, суглинки; 6 — коренные породы.

имеющие горизонтальное или различное наклонное положение. Реки образуют глубоко врезаемые меандры, той же формы, какую они имели до поднятия Лёссового плато.

Таким образом, история формирования лёссов Северного Китая оказывается очень сложной и несомненно некоторые важные моменты из этой истории еще не восстановлены полностью или восстановлены даже неправильно. Но все же можно с большой определенностью говорить о том, что лёссы Северного Китая имеют происхождение, аналогичное образованию

лессовых пород Средней Азии (Ферганская долина) и других районов. Лёссы и лёссовидные породы образовались здесь в резко континентальных, сухих климатических условиях из делювиальных и частично аллювиальных осадков, с незначительным участием эолового материала, при воздействии на них элювиальных процессов и почвообразования. Формирование лёссовых толщ происходило в нескольких обширных предгорных или межгорных равнинах, имющих однообразный наклон в сторону от разрушающихся горных массивов (на монопленах).

Процесс лёссообразования совершался одновременно с образованием делювиальных, пролювиальных, аллювиальных и элювиальных отложений. Он совершается и сейчас во многих районах южной и центральной части Северного Китая.

Образование лёссовых толщ происходило не вслед за бурными проявлениями тектогенеза (фиг. 12), а значительно позже, когда выравнивающая, денудационная деятельность входила во вторую стадию своего развития (фиг. 12, *II*) и сносила с уже выровненных гор тонкозернистый, пылеватый (фиг. 12, *III*, *IV*), а не гравийно-галечный материал.

Все типичные свойства лёссов: сложение, состав, агрегатность, пористость, вертикальная отдельность, палевая окраска, известковистость и т. п. являются вторичными и связаны с процессами преобразования материнских отложений как в моменты накопления первичных толщ, так и в последующие этапы делювиально-элювиально-почвенного их преобразования. Материнские породы состояли из продуктов разрушения местных пород горного обрамления каждой из лёссовых впадин.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Берг Л. С. О происхождении лёсса. Изв. Русск. геогр. об-ва, 1916, т. 52.
- Герасимов И. П. Лёссы Китая и их происхождение. Изв. Акад. наук СССР, сер. геогр., 1955, № 5.
- Герасимов И. П. и Марков К. К. Ледниковый период на территории СССР. Тр. Ин-та геогр. АН СССР, т. 33 1952.
- Мавлянов Г. А. О происхождении лёсса и лёссовидных пород южных районов Средней Азии. Мат. по изуч. четверт. периода СССР, вып. 2, 1950.
- Неуструев С. С. Почвенная гипотеза лёссообразования. Природа, 1925, № 1—3.
- Обручев В. А. К вопросу о происхождении лёсса. Изв. Томск. технолог. ин-та, т. 33, 1911.
- Обручев В. А. Проблема лёсса. Тр. II Международн. конфер. Ассоц. по изучен. четвертич. периода, вып. 2, 1933.
- Обручев В. А. Лёсс, как особый вид почвы, его происхождение, типы и задачи изучения. Мат. по изуч. четверт. периода СССР, вып. 2, 1950.
- Павлинов В. Н. О генезисе китайских лёссов. Доклады Геологической конференции. Пекин, Изд. Пекинского геол. ин-та, 1956 г. (на китайском языке).
- Павлов А. П. Генетические типы материнских образований ледниковой и послеледниковой эпохи. Изв. Геол. ком.-та, 1888, № 7.
- Павлов А. П. О Туркестанском и европейском лёссе. Протоколы засед. Моск. общ. Испыт. природы, 1903.
- Тутковский П. А. К вопросу о способе образования лёсса. Землеведение, 1889, т. I—II, кн. 4.
- Яковлев С. А. К вопросу о происхождении лёсса. Сб. Вопросы геологии Азии, т. II. М., Изд. АН СССР, 1955.

А. С. КЕСЬ

## К ВОПРОСУ О ПРОИСХОЖДЕНИИ ЛЁССОВОЙ ТОЛЩИ СЕВЕРНОГО КИТАЯ

Летом 1957 г. мне удалось принять участие в работах китайско-советского отряда Средне-Хуанхэйской противоэрозионной экспедиции Академии наук КНР. Геоморфологические исследования проводились совместно с геоморфологами и геологами, сотрудниками Института географии и Института геологии АН КНР, работавшими под руководством проф. Ло Лай-сина. Во время работ были проведены как маршрутные исследования, охватившие обширные территории бассейна среднего течения Хуанхэ, так и детальное изучение отдельных небольших участков. Все это позволило ознакомиться с разрезами лёссовой толщи в различных районах Лёссовой провинции и в разных геоморфологических условиях и прийти к некоторым предварительным выводам о строении лёссовой толщи и истории её формирования.

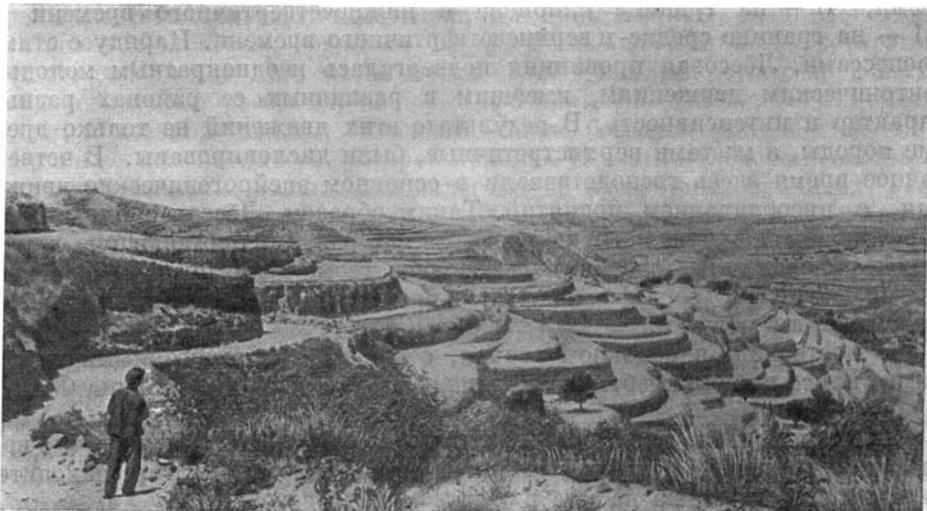
### УСЛОВИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЛЁССОВ И ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЛЁССОВОЙ ПРОВИНЦИИ

Китай является классической страной распространения лёсса. Ни в одной другой стране мира лёсс не покрывает таких огромных территорий как в Китае. Однако, встречаясь во многих районах Китая, лёсс наиболее полно и разнообразно представлен в Северном Китае, в бассейне среднего течения р. Хуанхэ. Здесь он образует почти сплошной покров на протяжении более 1000 км в направлении с запада на восток и северо-восток и 300—400 км с северо-запада на юго-восток. Лёссовый покров придает всей этой территории весьма своеобразный характер и обуславливает всю специфику ее ландшафта (фиг. 1) Вот почему её обычно называют «Лёссовым плато». Однако называть «плато» эту обширную территорию, обладающую разнообразным рельефом, едва ли правильно. Здесь распространены глубоко-расчлененные возвышенные равнины с разнообразным холмистым и увалистым рельефом, а также низкоргорья и горы с межгорными впадинами. Поэтому название «Лёссовое плато» не соответствует действительности и является чисто условным. Здесь необходимо более широкое геоморфологическое понятие, каким могло бы быть понятие «провинция», потому что эта таксономическая категория районирования рельефа включает разнообразные геоморфологические области и районы с различными типами рельефа. Поэтому в данном случае название Лёссовая провинция более близко к действительности, и его мы будем применять в дальнейшем изложении.

Лёссовая провинция вытянута с запада на восток и затем постепенно поворачивает на северо-восток. Она образует в плане слабо-выпуклую

к юго-востоку дугу полого-изгибающуюся вокруг Ордоса. Вдоль выпуклой стороны этой дуги, тянутся горы Тайханшань — на востоке и Циньлин — на юге.

Однако проводя южную и восточную границы Лёссовой провинции по горам, надо иметь в виду, что на склонах этих гор как обращенных в сторону Лёссовой провинции, так и на противоположных, также имеются лёссовые отложения, хотя сплошных покровов они здесь уже не образуют. На Циньлине лёссовые отложения можно встретить на уровне



Фиг. 1. Типичный ландшафт Лёссовой провинции.

отметок в 2800 м. абс. выс., а на Люйляншане — до 2780 м. Лёссовый покров наблюдается также и на некоторых перевалах и на поверхностях выравнивания в горах.

В пределах Лёссовой провинции лёссовый покров прерывается лишь на молодых террасах рек и на отдельных участках крутых склонов, сложенных древними коренными породами, а также на наиболее высоких горных хребтах, как, например, Лошань, Люйляншань, Люпаншань. Но эти безлёссовые пространства очень невелики, особенно по сравнению с территориями, покрытыми лёссом, и поэтому можно считать, что лёссовый покров в пределах Лёссовой провинции является практически сплошным.

Лёссовая провинция, охватывая огромные территории, имеет сложный рельеф и неоднородное геологическое строение. Здесь распространены как древнейшие изверженные и метаморфические, так и разновозрастные осадочные породы.

Начиная с нижнего палеозоя на территории лёссовой провинции установился континентальный режим и страна начала подвергаться эрозионному расчленению, протекавшему наряду с тектоническими движениями.

В конце палеозоя и в мезозое на ее пониженных пространствах существовали обширные пресноводные бассейны, оставившие после себя толщу осадков, превратившихся в песчаники и глинистые сланцы. Но к концу мелового периода и эти бассейны почти полностью исчезли и позднее

здесь существовали только небольшие озера, затоплявшие отдельные котловины и постепенно заполнившие их озерными осадками.

Остальные же пространства Лёссовой провинции подвергались интенсивному эрозионному расчленению. На протяжении верхнетретичного и четвертичного периодов это расчленение не было непрерывным. Периоды преимущественного развития эрозионных процессов сменялись периодами, когда превалировала аккумуляция осадков, сглаживавшая неровности ранее расчлененного рельефа. Всего здесь отмечается 3 крупных цикла эрозии между периодами аккумуляции: I — в доплиоценовое время, II — на границе плиоцена и нижнечетвертичного времени и III — на границе средне- и верхнечетвертичного времени. Наряду с этими процессами, Лёссовая провинция подвергалась неоднократным молодым тектоническим движениям, имевшим в различных ее районах разный характер и интенсивность. В результате этих движений не только древние породы, а местами верхнетретичные, были дислоцированы. В четвертичное время здесь господствовали в основном эпейрогенические движения, с преобладанием поднятий. Таким образом, Лёссовая провинция, пережившая сложную историю развития, по-разному протекавшую в разных ее районах, имеет весьма неоднородное геоморфологическое строение.

По характеру рельефа Лёссовая провинция довольно четко делится на 3 крупные области:

1. Восточная, в основном горная, с обширными межгорными впадинами. В нее входят хребты Люйляншань и Тайханшань, впадина Фэньхэ и др.

2. Центральная, охватывающая увалисто-холмистые и увалистые возвышенности, плато и мелкие останцовые массивы низких гор, находится между долиной Вэйхэ на юге и Ордосом на севере.

3. Западная, расположенная к западу от хребта Люпаншань и представленная наиболее высокими и глубоко-расчлененными возвышенностями и низкими горами. Каждая из этих крупных геоморфологических областей делится на геоморфологические районы, обладающие весьма разнообразными типами рельефа.

Основные пространства Лёссовой провинции имеют абсолютную высоту, превышающую 1000 м, а глубину расчленения — более 200 м. В Западной области абсолютные отметки на большом протяжении превышают 1500 м и достигают 2500 м, а глубина расчленения здесь 500 м. Следовательно, если бы не лёссовый покров, смягчающий рельеф, то Лёссовая провинция в значительной своей части не только по высоте и глубине, но и по густоте расчленения относилась бы к горным странам. Лёссовый покров, смягчающий крупные формы древнего рельефа, в то же время обуславливает чрезвычайно дробное и глубокое расчленение молодого и современного рельефа. Пожалуй, нигде в мире не встречается такой густой сети оврагов, промоин и других форм эрозионного рельефа, какая наблюдается в Лёссовой провинции.

Таким образом, на территории Лёссовой провинции встречаются как горы и увалисто-холмистые области, так и высокие расчлененные плато, межгорные и предгорные впадины и широкие древние долины. И все эти весьма разнообразные в геоморфологическом отношении районы перекрыты почти сплошным лёссовым покровом.

## СОСТАВ И СТРОЕНИЕ ЛЁССОВОЙ ТОЛЩИ

Прежде чем говорить о происхождении лёссов, необходимо точно договориться о том, что такое лёсс и лёссовые отложения. Отсутствие ясности в этом вопросе вносит большую путаницу и в рассуждения о генезисе

лёсса, так как некоторые авторы относят к лёссовым отложениям вообще все молодые осадки, распространенные в Лёссовой провинции, которые являются по своему происхождению весьма разнообразными.

Среди молодых плиоценовых и четвертичных отложений, распространенных в Лёссовой провинции можно выделить две группы, достаточно четко отличающиеся друг от друга, как по составу входящих в них пород, так и по условиям залегания.

К первой группе относятся отложения, которые имеют вполне определенные геоморфологические условия залегания. Это, с одной стороны, преимущественно четвертичные пески, галечники и глины, ясно-слоистые и диагонально-слоистые, довольно быстро изменяющиеся по простиранию и часто содержащие раковины пресноводных моллюсков; и с другой стороны, главным образом плиоценовые песчаники, неоднородные глинистые пески, и песчаные глины и брекчии, также большей частью слоистые и фациально изменяющиеся по простиранию. Все эти отложения занимают древние впадины и долины или залегают на предгорных равнинах. Генезис этих отложений ни у кого не вызывает сомнений. Это типичные, аллювиальные, озерные и пролювиальные отложения. К ним среди плиоценовых отложений относится свита ганьсуси, имеющая в основном пролювиальное и частично озерное происхождение, а среди четвертичных — аллювиальное и озерно-аллювиальные свиты саньмыньси, сайлаусуси и некоторые другие.

Ко второй группе относятся лёссы, лёссовидные суглинки и глины, неслоистые, почти не изменяющиеся или весьма слабо изменяющиеся по простиранию и то лишь на очень большом расстоянии; залегают они на всех элементах рельефа как в долинах и впадинах, так и на водоразделах, и в горах, перекрывая все более древние породы, независимо от их состава и строения. Отложения, входящие в эту группу, можно объединить в генетически единую толщу и назвать ее лёссовой, потому что в нее входят лёссы и близкие к ним отложения, имеющие в своем строении и условиях залегания много общего с лёссами.

Если генезис отложений первой группы не вызывает ни у кого сомнений, то о происхождении лёссов и лёссовых отложений единого мнения нет. Происходит это в значительной степени потому, что до последнего времени было еще мало точных сведений о строении лёссовой толщи; не были также вполне четко выделены отложения, которые должны входить в эту толщу и те, которые надо выделять особо, и не были выявлены взаимоотношения лёссовых пород с другими молодыми, одновозрастными отложениями.

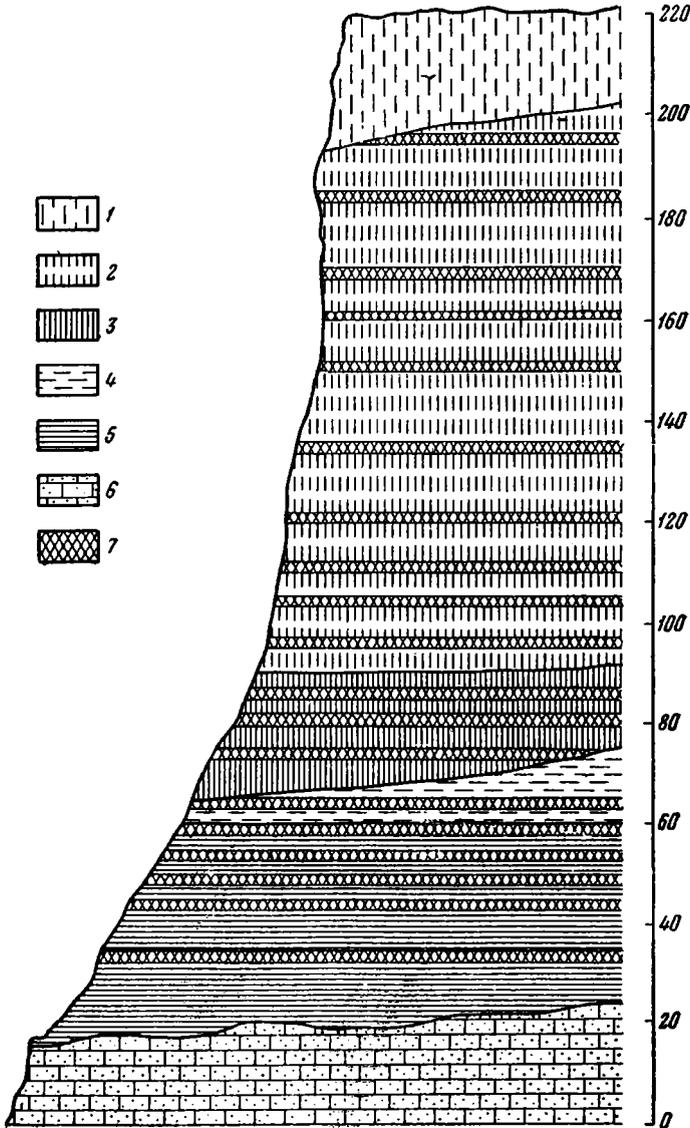
Говоря о строении лёссовой толщи, необходимо выделить, прежде всего, основные отложения, являющиеся наиболее постоянными ее компонентами. К ним относятся следующие отложения (фиг. 2).

1. Л ё с с - х у а н т у, или желтый лёсс, составляет самый верхний и наиболее молодой горизонт лёссовой толщи. Состоит он из рыхлых или слабо уплотненных, тонкосупесчаных или пылеватых, светлых серовато-желтых, пористых, неслоистых, карбонатных отложений, обладающих вертикальными трещинами и образующих весьма характерные вертикальные обрывы и отдельности. В лёссах активно развиваются процессы наземной и подземной эрозии, а также наблюдается образование различных просадочных форм.

Лёсс отличается однородностью и не содержит обычно каких-либо включений. В нем можно встретить лишь мелкие карбонатные журавчики, остатки корешков и раковины маллюсков. Лёсс почти сплошь перекрывает нижележащие отложения, но мощность его быстро изменяется. На крутых склонах он очень маломощный, имеет мощность один-два метра, а иногда выклинивается

полностью, а на пологих склонах и особенно выравненных поверхностях его мощность возрастает и измеряется десятками метров.

2. Типичный лёсс подстилается следующим горизонтом лёссовой толщи, так называемым лёссом с погребенными почвами.



Фиг. 2. Схематический разрез лёссовой толщи.

1 — желтый лёсс ( $Q_{3-4}$ ); 2 — лёсс с погребенными почвами ( $Q_2$ ); 3 — красный лёсс ( $Q_1$ );  
4 — розовая глина ( $N_2^2$ ); 5 — красная глина ( $N_2^1$ ); 6 — песчаники мезозоя; 7 — погребен-  
ная почва с подстилающими карбонатными конкрециями.

Основной особенностью этого горизонта является то, что в нем появляется ряд погребенных почв, а сам лёсс в вертикальном разрезе начинает постепенно изменяться. Вверху он по своему характеру ничем не отли-

чается от типичного лёсса, но по мере движения вниз становится все более темным и более тяжелым по механическому составу; внизу он сменяется светло-коричневым легким лёссовидным суглинком. Погребенная почва, отличающаяся от прилегающих к ней лёссов более темным цветом и суглинистым составом также меняется. Вверху она относительно более светло-коричневая, легко суглинистая, а внизу более темная красновато-коричневая и суглинистая. Ниже погребенной почвы в лёссе всегда наблюдаются скопления карбонатных конкреций.

Лёсс с погребенными почвами, так же как желтый лёсс, неслоистый, пористый, обладает способностью давать вертикальные отдельности и почти также легко поддается различным процессам — денудации, эрозии, дефляции и гравитации. Мощность его обычно бывает более значительная, чем мощность лёсса. Она измеряется многими десятками метров, а местами достигает 150 и даже 200 м. В увалисто-холмистых районах Лёссовой провинции лёсс с погребенными почвами является основной породой, слагающей большинство холмов («мао») и увалов («лян»).

3. Ниже лёсса с погребенными почвами залегает так называемый **красный лёсс**, состоящий из коричневых и красновато-коричневых, неслоистых суглинков, которые книзу постепенно становятся все более тяжелыми и темными. Они также содержат несколько горизонтов погребенных почв, состоящих из темных красно-коричневых тяжелых суглинков, которые в нижней части этого горизонта иногда переходят в глины. Ниже погребенных почв всегда встречаются карбонатные конкреции. Красный лёсс не всегда бывает пористым и карбонатным и не обладает вертикальной трещиноватостью. Поэтому для него не характерна просадочность и он обычно не образует вертикальных обрывов. Мощность красного лёсса чаще всего относительно небольшая и измеряется немногими десятками метров.

Красный лёсс является самым нижним горизонтом верхней части лёссовой толщи, относящейся к четвертичным отложениям. Ниже залегает нижняя часть лёссовой толщи, имеющая плиоценовый возраст. Между верхней и нижней частями лёссовой толщи наблюдаются следы интенсивного размыва, благодаря которому верхняя часть плиоценовых отложений, в той или иной степени бывает размыва.

Плиоценовые отложения лёссовой толщи состоят из двух горизонтов — верхнего, куда входит так называемая розовая глина и нижнего, состоящего из красной глины.

4. **Розовая глина** составляет четвертый горизонт лёссовой толщи. Состоит она из красно-коричневых и розовых глин, иногда тяжелых суглинков и так же, как и верхние горизонты, содержит погребенные почвы, в виде темных красно-коричневых, местами малиново-красных глин, подстилаемых карбонатными конкрециями.

Мощность розовых глин, обычно, небольшая и редко превышает 10—15 м.

5. Нижним горизонтом лёссовой толщи является **красная глина**. Это тяжелая красно-коричневая некарбонатная глина, с рядом погребенных почв в виде темных малиново-красных тяжелых глин и скоплениями карбонатных конкреций. Конкреции либо включены в глину, либо образуют прослой, состоящие только из плотно-цементированных конкреций мощностью от 0,3 до 0,6 м и иногда несколько больше.

Максимальная мощность красной глины достигает 50—60 м, но обычно бывает значительно меньше.

Кроме этих основных отложений, составляющих пять горизонтов лёссовой толщи, в ней встречаются в определенных геоморфологических

условиях и некоторые другие отложения. Так, например, вблизи долин и балок среди неслоистых лёссовых отложений можно встретить линзы песков и галечников или слои супесей тонкопереслаивающихся с легкими суглинками или тонкозернистыми песками. Эти слои обычно встречаются выше горизонтов, подвергавшихся древнему размыву. Сильно размытой является поверхность древних коренных пород, на которых залегает красная глина, затем поверхность розовой глины, а в местах, где она полностью размыта, древней эрозии подвергалась и красная глина и, наконец, следы размыта местами носит поверхность лёссов с погребенными почвами. Поэтому, именно в нижней части красной глины, красного лёсса и лёсса-хуанту и можно чаще всего встретить слоистые супесчано-суглинистые отложения, а иногда и галечники. Все эти отложения накопились теми водными потоками, которые размывали подстилающие их горизонты, и по своему происхождению являются аллювиальными или пролювиальными. Обычно, они очень маломощны. Мощность линз галечников и песков чаще всего не превышает 2—3 м, а тонкослоистых супесчано-суглинистых отложений 10—15 м. Они бывают тесно связаны с другими лёссовыми отложениями. Накопились слоистые супесчано-суглинистые осадки одновременно с лёссовыми отложениями и образовывались в значительной степени за счет их переотложения. Вследствие всего этого их также надо включать в лёссовую толщу, однако, четко отделяя от других лёссовых отложений.

Кроме этих аллювиальных или пролювиальных прослоев, в лёссовой толще, обычно в горизонте лёссов с погребенными почвами, или красных лёссов, встречаются прослойки каменного лёсса. Это такая же как лёсс светло-коричневая, чуть розоватая неслоистая пористая порода, но отличающаяся очень большой плотностью. По плотности она почти такая же, как каменные породы. При этом она обладает характерной для лёссов вертикальной трещиноватостью и даёт почти вертикальные обрывы. Мощность каменного лёсса различная и колеблется от 1,5—2 до 20 м. Залегает каменный лёсс в древних понижениях, по долинам или балкам на размытой поверхности красных лёссов или древних коренных пород. Перекрыт он бывает типичным лёссом. В переотложенном виде каменный лёсс встречается в террасах. Но здесь он бывает менее однороден. Основная особенность каменного лёсса — плотность, проявляется лишь в сухом виде, а в воде он быстро размокает и расплывается. Все эти черты каменного лёсса показывают, что он формировался в условиях большой влажности, приводившей к тому, что карбонаты и другие легко растворимые соли, содержащиеся в лёссах растворялись, но не выносились, а затем, при высыхании породы, они превращались в цемент, скрепивший породу и придавший ей ту плотность, которой и обладает каменный лёсс в сухом виде.

В зависимости от геоморфологических условий можно отметить некоторые изменения и в самих лёссовых отложениях. Так, например, неслоистые и однородные лёссы, широко распространенные на водоразделах и на пологих склонах, теряют эти особенности на крутых склонах водоразделов и, особенно, на склонах балок. Здесь лёссы несколько изменяют свой цвет, который становится не таким одинаковым и местами приобретает серые тона. В таких лёссах уже можно встретить включения в виде мелких суглинистых комочков, крупных песчинок, а иногда отмечается и слоистость, обычно наклонная, параллельная склону. Все эти признаки указывают на то, что лёсс был переработан делювиальными процессами, в связи с чем и изменились некоторые его особенности.

Таким образом, лёссовые отложения несколько видоизменяются в зависимости от геоморфологических условий их залегания. Но характер отложений лёссовой толщи изменяется и от условий их распространения.

Выше уже говорилось о том, что лёссовая толща покрывает огромные пространства, протягивающиеся на многие сотни километров. Если внимательно сравнить лёссы восточной и южной частей Лёссовой провинции (например, вблизи хребтов Люйляншань и Циньлин) с лёссами северных и западных окраин Лёссовой провинции, то окажется, что на востоке и юге провинции лёссы пылеватые, а на севере и западе — супесчаные и даже песчаные. Эти лёссы так и называют: песчаные лёссы, или са-хуанту. Так изменяются не только лёссы-хуанту, но и более глубокие горизонты лёссовой толщи. Например, лёсс с погребенной почвой изменяется так же, как и желтый лёсс и синхронная ему свита юйлинси, распространенная вблизи южной границы Ордоса, также более песчаная; кроме того, в нем среди лёссов встречаются тонкие прослои тонкозернистых неслоистых песков, похожих на те, которые и теперь навезаются на северные склоны Лёссовой провинции. Помимо этого, свита юйлинси отличается большей карбонатностью, в ней содержится относительно больше карбонатных конкреций.

Таким образом, лёссовая толща может при изменении условий залегания и распространения видоизменяться, но все эти изменения незначительны, а основные свойства отложений, составляющих лёссовую толщу, сохраняются.

В местах, где разрез лёссовых отложений бывает полный, независимо от того, где он встречается — в горах или на равнине, там он имеет одни и те же отложения и сохраняются одинаковое соотношение в залегании этих отложений. Поэтому лёссовые отложения, несмотря на то, что по своему составу в вертикальном разрезе они являются неоднородными, можно объединить в генетически единую лёссовую толщу.

В чем же выражается неоднородность лёссовой толщи и что является общим в строении этих молодых отложений, что позволяет их объединить в единую толщу?

Общим в лёссовых породах является то, что все это — рыхлые мелкоземистые отложения близкого механического состава с характерными горизонтами погребенных почв и карбонатных почвенных конкреций, имеющие одинаковые условия залегания и распространения и встречающиеся обычно вместе и в определенных сочетаниях.

Неоднородность их заключается, прежде всего, в различном цвете, в неодинаковом количестве и характере горизонтов погребенных почв и карбонатных конкреций, в том что гранулометрический их состав, хотя и не сильно различающийся, все же изменяется у различных горизонтов, и одни из них состоят в основном из глин, а другие из суглинков и лёссов.

Однако эта неоднородность не случайна, и все изменения в строении лёссовой толщи подчиняются вполне определенным закономерностям.

В вертикальном разрезе лёссовой толщи, снизу вверх происходят постепенные и вполне закономерные изменения и часто, в том случае, когда не было размыва или длительного перерыва в отложениях, переходы от одного горизонта к другому происходят очень постепенно. Возможно, что эта постепенность изменений и является причиной того, что до сих пор нет четкой и единой схемы разделения лёссовой толщи.

#### СВЯЗЬ ЛЁССОВОЙ ТОЛЩИ С ИНЫМИ ПЛИОЦЕНОВЫМИ И ЧЕТВЕРТИЧНЫМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ

Изучение разрезов лёссовой толщи в разных районах показало, что наблюдающиеся в строении лёссовой толщи изменения тесно увязываются с историей палеогеографического развития отдельных геоморфологических

районов Лёссовой провинции. Наиболее полные разрезы лёссовой толщи наблюдаются в тех районах, которые на протяжении плиоцена и всего четвертичного периода, находясь в условиях междуречья, не подвергались сильным процессам эрозии и денудации. В тех же районах, где в течение всего или части этого времени располагались долины или впадины и где, с одной стороны, происходил усиленный размыв, а с другой, — аккумуляция аллювиальных, озерных или пролювиальных осадков, там разрез лёссовой толщи бывает неполным и при этом выпадают горизонты, синхронные соответствующим водным осадкам. В древних впадинах и долинах на месте нижних горизонтов лёссовой толщи распространены пески, озерные глины, галечники, брекчии или супесчано-суглинистые слоистые отложения.

Так, например, в районах, сложенных свитой ганьсуси отсутствуют нижние — плиоценовые горизонты лёссовой толщи, но наблюдаются верхние — четвертичные. Здесь плиоценовые отложения представлены очень мощной свитой ганьсуси, состоящей главным образом из пролювиальных отложений. Известно, что в западной части Лёссовой провинции в третичное время была впадина, окруженная со всех сторон горами. Горы интенсивно разрушались, а весь материал сносился вниз и отлагался во впадине в виде песков и глин с прослоями щебня и гальки. В это же время, в восточных областях на водоразделах и склонах шло образование однородных по составу осадков представляющих теперь красную глину, относящуюся к нижним горизонтам лёссовой толщи.

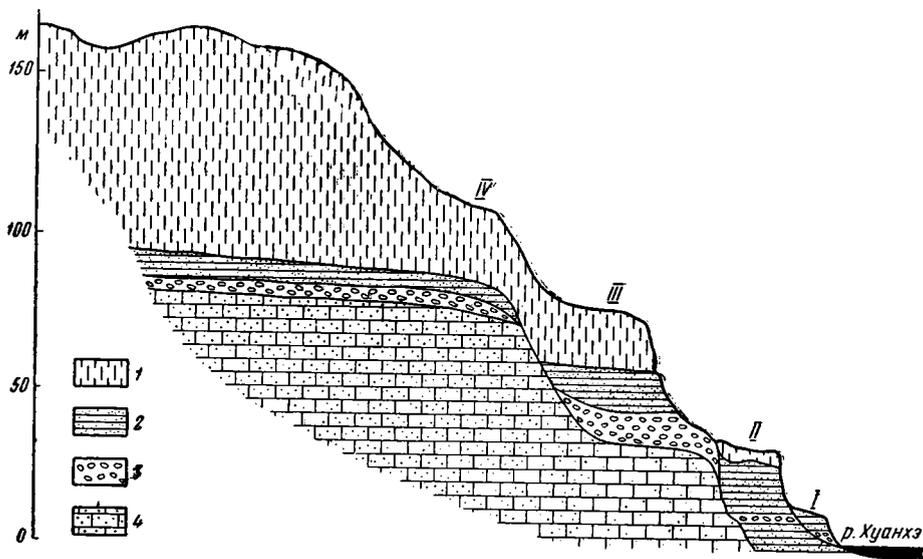
В четвертичное время, когда впадина восточного Ганьсу была вышолнена, частично приподнята тектоническими процессами и по своему уровню приблизилась к уровню окружающих гор, формирование пролювиальных отложений на такой обширной территории прекратилось и здесь началось накопление верхних горизонтов лёссовой толщи, не отличающихся в основном от лёссов более восточных областей. Поэтому естественно, что в районах распространения свиты ганьсуси красные и розовые глины отсутствуют.

В районах, сложенных нижнечетвертичными озерно-аллювиальными отложениями свиты саньмыньси отсутствуют не только плиоценовые горизонты лёссовой толщи, но и более поздние нижнечетвертичные красные лёссы. Как можно наблюдать, например, в районе Саньмынься, пески и галечники свиты саньмыньси прикрыты лёссом с погребенной почвой или только желтым лёссом, ничем не отличающимся от лёссов, перекрывающих междуречья вне зоны распространения свиты саньмыньси.

Там, где залегает еще более молодая верхнечетвертичная свита сайлаусуси, отсутствует и маланьский лёсс. Так, например, наиболее широко озерно-аллювиальная свита сайлаусуси распространена на северной окраине центральной области Лёссовой провинции в верховьях р. Удинхэ, по долинам Лухэ, Хунлухэ и других более мелких рек, расположенных вдоль южной и юго-восточной границы Ордоса. Представлена она в основном песчаными отложениями, залегающими на размытой поверхности древних пород, чаще всего песчаников мела. По границе ее распространения, где предшествующий ее накоплению размыв был небольшим, она залегает на свите юйлинси. Верхние слои песков свиты сайлаусуси подвергаются перевеванию, в результате чего почти всюду в местах выходов этой свиты широко распространены барханные пески. Вследствие этого, а также и потому, что свита сайлаусуси синхронна желтому лёссу, лёсс на ее поверхности почти всюду отсутствует. Лишь вдоль границ ее распространения, местами можно встретить маломощный покров лёсса-хуанту, который частично перекрывает свиту сайлаусуси. Но рядом, на

склонах и водоразделах, сложенных свитой юйлинси, мощность желтого лёсса быстро возрастает.

Не менее интересный материал дают наблюдения за соотношением лёссовой толщи с террасами разного возраста. Примером могут служить террасы Хуанхэ в районе г. Ланьчжоу (фиг. 3). Здесь наблюдаем пять надпойменных террас. Пойма и I надпойменная терраса сложены слоистым аллювием, состоящим из супеси песков и гальки. На них лёсса нет. Остальные, более древние террасы — цокольные; они выработаны в красноцветных породах свиты ганьсуси и местами в более древних толщах.



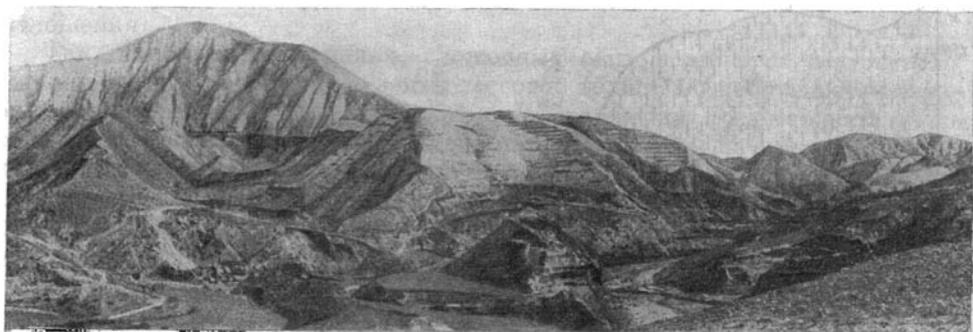
Фиг. 3. Схема строения террас на левом берегу р. Хуанхэ, ниже г. Ланьчжоу. 1 — лёссовая терраса; 2 — песчаные тонкослойные отложения; 3 — галечник; 4 — глинистые песчаники свиты ганьсуси. I—IV — террасы р. Хуанхэ.

Аллювий их представлен галькой и тонкими слоистыми супесями, переходящими в пески и суглинки. Перекрыты эти террасы лёссом, мощность которого на более древних террасах постепенно увеличивается. Так, на II надпойменной террасе мощность лёсса измеряется несколькими метрами, на самой же древней, имеющей абсолютную отметку, 1800—2000 м, она достигает 200 м, а местами и больше. При этом здесь, кроме лёсса появляются и более древние горизонты лёссовой толщи. Благодаря такой большой мощности лёссовой толщи, эта древняя терраса Хуанхэ утрачивает облик террасы и представляет собою возвышенность с глубоко расчлененным увалисто-холмистым рельефом (фиг. 4).

Таким образом, здесь довольно ясно видно, что на протяжении четвертичного времени в районе Ланьчжоу р. Хуанхэ постепенно все глубже врезалась в отложения свиты ганьсуси и частично в подстилающие ее древние коренные породы и последовательно формировала на разных уровнях террасы. После образования террас на их поверхности накопились лёссы, при этом отмечается, как и в других районах распространения лёсса, что чем древнее терраса, тем мощность лёсса на ней больше.

Следовательно, в пределах Лёссовой провинции выделяется как бы два типа рельефа, которые обусловили образование разных типов отложений. Во-первых, междуречные пространства с мелкой гидрографиче-

ской сетью, где на протяжении плиоцена и всего плейстоцена формировалась лёссовая толща и, во-вторых, крупные долины и впадины, где в течение всего этого времени или на отдельных его отрезках, происходило накопление аллювиальных, озерных или пролювиальных осадков. Эти отложения в большинстве случаев также перекрыты лёссовыми породами. Но в зависимости от возраста этих толщ перекрывающие их лёссовые отложения имеют разную мощность и чем они древнее, тем мощность лёссовой толщи больше и тем большее количество горизонтов в ней содержится. Если же формирование этих толщ еще не закончилось, лёсс на них



Фиг. 4. Общий вид возвышенности вблизи г. Ланьчжоу, имеющей увалисто-холмистый рельеф. Виден слой галечника, перекрытый лёссовой толщей.

отсутствует, как, например, на пойменных террасах. При этом важно подчеркнуть, что лёссовые отложения на всех этих разновозрастных поверхностях в пределах одного горизонта, независимо от подстилающих их пород, всюду остаются одинаковыми.

#### НЕКОТОРЫЕ СООБРАЖЕНИЯ О ГЕНЕЗИСЕ ЛЁССА.

Окончательные выводы о генезисе лёсса можно сделать только после изучения данных различных анализов и детальных комплексных исследований. А пока, на основании собранных и сопоставленных основных данных о строении лёссовой толщи, ее распространении и условиях залегания, а также анализа главных особенностей геоморфологического строения района распространения лёсса, можно сделать предварительную попытку разобраться в вопросе о том, какая же из известных теорий происхождения лёсса, больше всего соответствует изложенным фактам.

Обратимся вначале к составу лёсса и лёссовой толщи.

Лёсс так же, как и все горизонты лёссовой толщи, отличается тонкостью механического состава, однородностью, отсутствием видимой слоистости и фациальной изменчивости. Для верхних горизонтов характерны пористость и карбонатность, а также и то, что основной фракцией являются пылеватые частицы. Содержатся в лёссовой толще остатки почти исключительно наземной фауны и флоры.

Характерно ли все это для озерных, аллювиальных или пролювиальных отложений. Ответить на этот вопрос проще всего путем сравнения лёссовой толщи с молодыми аллювиальными, озерными и пролювиальными осадками, распространенными в Лёссовой провинции и, следовательно, образовавшимися в тех же природных условиях. Остановимся на некоторых примерах.

Примером древних, нижнеплиоценовых, пролювиальных отложений может служить свита ганьсуси, выполняющая тектоническую впадину Восточной Ганьсу. Состоит она, как уже отмечалось, из довольно разнообразных песчаных, песчано-глинистых и глинистых отложений, обычно слоистых, включающих большое количество крупнообломочного материала в виде щебня и гальки и местами образующих сплошные брекчии. В этой свите можно проследить фациальные изменения — вблизи гор в ней содержится больше крупнообломочного материала и состоит она преимущественно из брекчий с подчиненными им песчаниками и глинами, а в центральных частях впадины в ее состав входят главным образом глины и сланцы с прослоями песчаников и гравия. Мощность свиты также изменяется вполне закономерно — в предгорьях она меньше — около 500 м, а в центре достигает примерно 2500 м (Ли Сы-гуан, 1952).

Современные пролювиальные отложения так же, как и древние, состоят в предгорьях в основном из галечно-щебнистых отложений.

Таким образом, ни древние, ни современные пролювиальные отложения ни в чем не сходны с лёссом.

Примером аллювиальных и озерно-аллювиальных древних отложений могут служить свиты саньмыньси и сайлаусуси. Свита саньмыньси, относящаяся в основном к нижнечетвертичному времени, состоит из переслаивающихся галечников, песков и глин с характерной горизонтальной и диагональной слоистостью и частой сменой слоев в вертикальном разрезе и по простиранию. В ней содержится много раковин пресноводных моллюсков. Она выполняет межгорные впадины и долины и встречается, возможно, в предгорьях.

Более молодая верхнечетвертичная свита сайлаусуси также сложена вполне типичной толщей озерных и аллювиальных осадков, отличающихся, однако, от саньмыньси отсутствием обильных галечников.

Свита сайлаусуси состоит из двух различных толщ — нижней, сложенной темными, синевато-серыми, илстыми, слоистыми, тонкозернистыми песками, и верхней, представленной серо-желтыми мелко- и тонкозернистыми, рыхлыми или слабо уплотненными илстыми, горизонтально- и диагонально-слоистыми песками. Отсутствие крупнообломочного материала в этой свите объясняется тем, что распространена она в северной части Лёссовой провинции, наиболее удаленной от гор. Основным же источником накопления отложений сайлаусуси были песчаники мела и юры.

О составе аллювия как крупных рек (например Хуанхэ), так и многочисленных мелких речек, можно судить по отложениям их террас, которые обычно состоят из слоистых, часто меняющихся по простиранию, преимущественно песчаных, реже глинистых осадков, с прослоями и линзами гальки и гравия.

Относительно ближе по механическому составу к лёссовой толще стоят озерные отложения, которые встречаются, например, в свитах саньмыньси и сайлаусуси. Эти озерные отложения по своему составу являются тоже в основном глинистыми и суглинистыми. Однако, несмотря на близкий механический состав, они резко отличаются от лёссовых отложений тем, что имеют слоистость, содержат в большинстве случаев раковины пресноводных моллюсков, не имеют горизонтов погребенных почв и карбонатных конкреций и отличаются по цвету. Для них характерны синевато-серые или зеленоватые тона, свидетельствующие о накоплении их под водой, в условиях образования закисных форм железистых соединений, в то время как суглинки и глины лёссовой толщи имеют желтый и красновато-коричневый цвет, связанный с окислительными процессами, происходившими при накоплении осадков в наземных условиях.

Таким образом, на основании даже этих немногих примеров видно, что лёссовая толща по своему составу не имеет ничего общего с соответствующими по возрасту аллювиальными, озерными или пролювиальными осадками.

Посмотрим теперь, что дает сравнение строения лёссовой толщи и тех же озерно-аллювиальных и пролювиальных осадков.

Лёссовая толща, как отмечалось выше, состоит из пяти горизонтов, очень постепенно сменяющих друг друга. Только на границе нижних горизонтов, состоящих из плиоценовых глин и нижнечетвертичных красных лёссов, а также на границе среднечетвертичных лёссов с погребенными почвами и желтых лёссов, можно иногда наблюдать следы размыва и несогласное залегание. Во всех же остальных случаях переход от одного горизонта к другому настолько постепенный, что во многих случаях трудно бывает провести границу между соседними горизонтами.

Второй важной особенностью строения лёссовой толщи является то, что все ее горизонты, за исключением верхнего желтого лёсса, содержат погребенные почвы и карбонатные конкреции, при этом число слоев погребенных почв только в средне- и нижнечетвертичных горизонтах превышает десять.

Ни та, ни другая особенность в озерно-аллювиальных и пролювиальных отложениях не наблюдается. Здесь всюду можно видеть очень резкий переход от одной породы к другой и частое переслаивание различных отложений, например, галечников и песков, песков и глин, или песчаников и брекчий. Кроме того, среди всех этих осадков нет и погребенных почв, подобных тем, которые так наглядно прослеживаются в лёссовой толще. И вообще, трудно себе представить возможность образования такого количества прослоев погребенных почв и карбонатных конкреций в водных отложениях, при том условии, что карбонатные конкреции, не выщелочены, а между погребенными почвами нигде не заметно следов размыва или прослоев песка, гальки или остатков водной фауны. Но, если даже допустить, что это возможно, то тогда необходимо найти объяснение тому, каким образом, особенно в условиях водораздела, могла происходить столь частая смена режимов: то затопление территории и накопление на ней осадков, то осушение ее и формирование почвы и карбонатных конкреций, то снова абсолютно спокойное, без всяких следов размыва, затопление, приводившее к последующей аккумуляции осадков и т. д. Все горизонты погребенных почв не только не несут следов размыва, но и сохранили общую параллельность. Это свидетельствует о том, что колебания должны были быть плавными и равномерными. Для возникновения подобных колебаний пришлось бы допустить либо грандиозные колебательные тектонические движения, охватывавшие огромные территории и имевшие колоссальные амплитуды, либо серьезные климатические изменения, которые должны были вызывать то одновременное и повсеместное затопление территории, то ее осушение. Однако ни то, ни другое не могло не сопровождаться энергичным размывом и должно было оставить заметные следы в строении рельефа. Ничего этого на самом деле нет. Так что все подобные построения абсолютно не вяжутся ни с геоморфологическим строением Лёссовой провинции, ни с ее палеогеографическим развитием.

Таким образом, проведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что строение лёссовой толщи ничего общего не имеет со строением, свойственным водным осадкам.

Еще меньше подтверждений теория водного происхождения лёсса находит в вопросе распространения лёссовой толщи и условиях ее зале-

гания. Как уже отмечалось выше, основное отличие условий залегания лёссовой толщии от условий залегания водных отложений заключается в том, что аллювиальные, озерные и пролювиальные отложения занимают в Лёссовой провинции древние долины, впадины и предгорные равнины, в то время как лёссовая толща является покровной и сплошь перекрывает поверхность древнего расчлененного рельефа. Не меняя своего характера, она встречается как в горах, так и на равнинах. Лёссовые отложения залегают как на террасах рек, на абсолютных отметках около 300 м (Санмыня) и 380—400 м (Вэйхэ), так и в горах на высоте до 2600 м над уровнем моря и даже на большой высоте. По данным Ши Юань-чуя, на горе Гуаньдишань в горах Льюляншань, лёсс поднимается до высоты 2780 м, а на Циньлине, в бассейне Таохэ — до 2800 м.

Таким образом, общая амплитуда распространения лёсса в вертикальном направлении превышает в Лёссовой провинции 2000 м и достигает почти 2500 м. Для отдельных же глубоко расчлененных районов она составляет около 1000 м.

Прослеживая формы залегания лёссовых отложений в разных геоморфологических условиях, можно отметить, что они не везде одинаковы. Однако всюду отмечается та общая особенность, что на плоских поверхностях водоразделов и на пологих склонах мощность лёсса бывает наибольшая; и, наоборот, на крутых склонах лёсс либо отсутствует, либо бывает очень маломощным.

В горах, где преобладают крутые склоны, лёсс обычно не образует сплошных покровов, а встречается только на относительно выравненных участках и имеет небольшую мощность. При этом, как отмечалось уже выше, лёссовая толща в горах обычно бывает представлена не полностью.

Такое облегчающее залегание на поверхности самых различных в геоморфологическом отношении районов, с разнообразным геологическим и тектоническим строением, простирающихся на огромных пространствах Лёссовой провинции, не свойственно водным осадкам.

Теперь, если все же считать возможным водное происхождение лёссовой толщии, остается еще посмотреть, откуда мог происходить снос таких однородных и тонких отложений, какими являются лёссовые отложения, и где и как могла располагаться та гидрографическая сеть, которая обеспечила бы накопление лёссового покрова.

Наиболее вероятными областями сноса некоторые современные исследователи, поддерживающие теорию аллювиального и пролювиального происхождения лёсса, считают горы как окружающие Лёссовую провинцию, так и расположенные в ее пределах. Понятно, что здесь в первую очередь имеются в виду горные хребты, непокрытые лёссовым покровом.

Свободными от лёсса на пространствах Лёссовой провинции остаются горы Люпаншань и Лошань, вытянутые в близком к меридиональному направлении на границе между Центральной и Западной областями, и хребет Льюляншань, расположенный в восточной части провинции. По окраинам Лёссовой провинции не имеют сплошного лёссового покрова наиболее высокие хребты Циньлин на юге и Тайханьшань — на востоке. Следовательно, именно с этих хребтов и должен был происходить снос мелкозема.

Посмотрим насколько это предположение подтверждается геоморфологическим строением этих хребтов и прилегающих районов, а также распределением гидрографической сети.

Хребты Люпаншань и Лошань по своим размерам очень невелики и занимают незначительную часть Лёссовой провинции. По высоте они

теперь тоже не намного отличаются от прилегающих пространств. Так максимальные отметки Люпаншаня лишь немного превышают 2900 м над уровнем моря, а средние колеблются от 2300 до 2800 м. Отметки поверхности, перекрытой лёссовой толщей, в Западной области колеблются в пределах 1600—2500 м, а в прилегающих к Люпаншаню частях Центральной области — от 1500 до 1700 м.

Реки, берущие начало в Люпаншане и Лошане орошают очень ограниченные пространства Лёссовой провинции. Они текут почти параллельно хребтам, имеют небольшую длину и впадают либо в Хуанхэ (реки Циншуй и Шаньшуйхэ), либо в Вэйхэ (реки Цзинхэ, Жүшуйхэ и некоторые другие). Ни одна из рек, начинающихся в этих горах не течет на сколько-нибудь значительное расстояние по пространствам Лёссовой провинции и поэтому весь материал, сносимый с этих гор и представленный в основном щебнисто-галечными отложениями, откладывается вблизи гор.

В третичное время Люпаншань и Лошань были значительно выше и с них снос был более интенсивным. Этот снос происходил главным образом на запад в сторону впадины Восточной Ганьсу и материал его входит в состав отложений свиты ганьсуси, которая, как известно, состоит из неоднородных песчано-глинистых и щебнистых отложений.

Все это говорит о том, что снос с Люпаншаня и Лошаня не мог играть какую-нибудь роль в формировании лёссовых отложений.

Что же касается хребтов Циньлин, Тайханьшань, и Люйляншань, то здесь останавливает внимание прежде всего то, что эти хребты отделены от основных областей Лёссовой провинции древними впадинами и долинами. Так, вдоль северных подножий хр. Циньлин тянется древняя впадина Вэйхэ, отделяющая Центральную область от южных гор. На востоке Центральная область отделена от гор Люйляншань долиной Хуанхэ. Дальше на востоке между хребтами Люйляншань и Тайханьшань располагается впадина Фэньхэ, сливающаяся на юго-западе с впадиной Вэйхэ. Следовательно, весь сток, который мог переносить мелкозём с гор на основные пространства Лёссовой провинции, перехватывается этими впадинами и долиной Хуанхэ и поэтому ни одна река, берущая начало в горах, не течет по Лёссовой провинции.

Последователи теории водного происхождения лёсса считали, что весь материал, из которого формировались лёссовые отложения сносился с гор и откладывался главным образом в межгорных и предгорных впадинах, которые позднее были приподняты тектоническими процессами и превращены в лёссовые плато и возвышенности.

В этом случае такие древние впадины, как Вэйхэ и Фэньхэ тоже должны быть выполнены лёссовыми отложениями. Однако это не так. Во впадинах Вэйхэ и Фэньхэ залегают в основном озерно-аллювиальные и пролювиальные осадки. Лёссовая же толща встречается лишь на поверхности, по окраине этих впадин, где она имеет тот же состав и строение, что и на возвышенностях и в горах. Следовательно, теория водного происхождения лёсса в этом также не находит своего подтверждения. В дополнение, можно указать еще на то, что все реки, текущие по Центральной области Лёссовой провинции начинаются не в южных и восточных горах, а вблизи северной окраины провинции в районе гор Байлюшань и Лугуаньшань, текут на юг и восток и впадают в Хуанхэ или в Вэйхэ.

В то же время, на горе Байлюшань, имеющей абсолютные отметки около 1900 м, мощность лёссовой толщи наибольшая и достигает, как известно, 300—350 м и, следовательно, реки могут только сносить оттуда лёсса и не накапливать его там.

Все это указывает на то, что реки имеют отнюдь не то направление, которое необходимо для транспортировки элювиально-делювиального или пролювиального материала с гор на равнины. Допускать же полную перестройку гидрографической сети вследствие тектонических процессов в четвертичное и даже верхнечетвертичное время нет никаких оснований. Впадины Вэйхэ, Фэньхэ и основные горные массивы, образованные еще в дотретичное время, существовали в четвертичный период и сохранили свое расположение и главные черты геоморфологического строения и до настоящего времени.

Кроме того, надо иметь в виду то, что для того, чтобы в результате делювиально-пролювиальных процессов могли образоваться такие тонкие пылеватые осадки, как лёсс из плотных каменистых пород, которыми сложены окружающие горы, необходимо гораздо больше времени и пространства для переноса осадков. Так, аллювий становится тонкозернистым и илистым только при очень длительном и интенсивном разрушении породы и далеком ее переносе. Такой аллювий наблюдается лишь в низовьях и дельтах крупных рек. В этом случае всегда можно проследить, как илистый аллювий вверх по течению изменяется, становясь все более крупнозернистым и крупнообломочным. При всех же остальных условиях аллювий и пролювий бывает тонким и илистым лишь в том случае, если река или временный поток размывают и переоткладывают рыхлые песчаные или глинистые отложения или элювиально-делювиальный материал. Но надо помнить, что за счет переотложения только элювия и делювия за такой короткий срок как четвертичный период больших толщ аллювия или пролювия, распространенных на громадных пространствах, образоваться не могло.

Таким образом, сравнение типичных озерно-аллювиальных и пролювиальных отложений, распространенных в Лёссовой провинции, формировавшихся в плиоценовое и четвертичное время, с лёссовой толщей показало, что между этими отложениями ни в отношении состава и строения, ни по условиям залегания, ни по характеру изменений разрезов по вертикали и по простиранию, нет ничего общего.

Чем же можно объяснить, что в одних и тех же условиях и в одно и то же время, с одной стороны происходило образование отложений с ярко выраженными чертами пролювиальных, аллювиальных или озерных осадков, так что их генезис ни у кого не вызывает сомнений, а с другой стороны, шло формирование лёсса, почему-то не сохранившего никаких свойств, характерных для подобного типа отложений?

Объяснить это, очевидно, можно только тем, что эти столь разные породы имеют разное происхождение.

В последние годы широкой известностью пользуется элювиально-почвенная теория происхождения лёсса. Она была создана Л. С. Бергом (1922), а позднее приобрела большое количество последователей. Согласно этой теории, лёсс образуется только под воздействием почвенных процессов на осадках различного происхождения.

Роль почвенных процессов в образовании лёсса сейчас, как будто бы, является общепризнанной и не вызывает сомнения ни у эолистов, ни у тех ученых, которые признают водное или иное образование лёсса. Основным вопросом, вызывающим разногласия, является вопрос о способе накопления самих мелкоземистых толщ.

Создатель элювиально-почвенной теории академик Л. С. Берг, понимая, что одни элювиальные процессы не могут привести к накоплению таких мощных толщ, какие имеет лёсс, считал, что источником мелкоземистых осадков являются ледниковые, флювиогляциальные и делюви-

Таким образом, учитывая специфические свойства лёсса, сохраняемые на всей площади его распространения, независимо от рельефа и подстилающих пород, а также строение лёссовой толщи, её мощность, условия залегания и особенно большую амплитуду распространения по вертикали, содержащуюся в лёссе ископаемую фауну и пр., можно считать, что лучше всего объясняет происхождение лёсса эоловая теория, наиболее полно разработанная акад. В. А. Обручевым (1900, 1909).

Распространение лёссовой толщи показывает, что не случайно наибольшие накопления однородных пылеватых осадков произошли на пространствах, окаймляющих с юго-востока центрально-азиатские пустыни, и вдоль ограничивающих Лёссовую провинцию с востока и юга гор. Господствующие западные и северо-западные ветры, постоянно дующие со стороны этих пустынь, несли массу пыли, которая и выпадала в основной своей массе на поверхность сильно расчлененного рельефа этой древней страны, испытывавшей длительный цикл континентального развития.

Однако выпадение пылевых осадков на пространствах именно Лёссовой провинции можно объяснить не только тем, что южные и восточные хребты служили преградой для ветров. Эти хребты, как известно невысоки, особенно, если их сравнить с высотой большинства районов Лёссовой провинции. Средние отметки Центральной области очень близки к отметкам гор, а высоты Западной области даже превышают средние уровни восточных хребтов и почти такие же как на Люпаншане и в Циньлине. Поэтому выпадению пыли здесь способствует, по-видимому, и общая циркуляция атмосферы, а именно столкновение ветров, дующих из Центрально-Азиатских пустынь, и муссонных, — дующих с океана (Федорович, 1948, 1957). Для того чтобы в этом разобраться окончательно, необходим глубокий и тщательный анализ всех имеющихся наблюдений за ветрами, дующими над пространствами Лёссовой провинции. Кроме того, интенсивному выпадению пыли на территории Лёссовой провинции способствуют и расстояние от места выноса пыли и высота над уровнем океана Лёссовой провинции и некоторые другие причины. Более детальное выяснение всех этих причин требует дополнительных и в том числе климатических исследований.

Выпадая на пространствах Лёссовой провинции, пыль подвергалась воздействию разнообразных местных процессов и в первую очередь почвообразованию. Однако осевшая пыль оставалась на том же месте лишь на участках плоских водоразделов и на пологих склонах, но не в гористых районах. Вся же та пыль, которая выпадала на крутые склоны, естественно в той или иной мере смывалась дождями и переоткладывалась. Частично она задерживалась на более низких участках склонов, образуя толщу делювиальных лёссов, обычно почти ничем не отличающихся от водораздельных первичных лёссов; частично же она сносилась в балки, долины и озерные котловины и примешивалась к пролювиальным, аллювиальным и озерным отложениям. В этих отрицательных формах рельефа образовались довольно однородные слоистые супесчано-суглинистые отложения иногда с прослоями и линзами гравия или гальки.

Акад. В. А. Обручев (1933) отмечал, что накапливающиеся толщи пыли не обладают еще свойствами лёсса и что свои специфические черты лёсс приобретает в результате почвенных процессов, развивающихся в условиях сухого климата. В. А. Обручев писал: «превращение этой пыли в лёсс, благодаря почвообразовательным процессам в условиях сухого климата идет одновременно с её накоплением; временное нарушение этих условий влечет за собой перерывы в однородности лёссовой толщи в виде

прослоев галечника, песка, слоистого лёсса, погребенной почвы» (Обручев, 1933, стр. 265).

Вот это обстоятельство (одновременность почвообразовательных процессов с накоплением самих отложений) очень важно подчеркнуть. Именно поэтому, по-видимому, первичный лёсс водоразделов неотличим от делювиального лёсса склонов, поэтому же погребенная почва в лёссовой толще имеет наклонное залегание и переходит со склона на водораздел, подчеркивая контуры древнего рельефа.

Только почвенными процессами и их сменой на протяжении верхнетретичного и четвертичного времени, можно объяснить, как уже отмечалось, неоднородность различных горизонтов лёссовой толщи. Характер отложения лёссовой толщи и постепенный переход от более тяжелых глинистых малиново-красных и красных пород к более легким буро-желтым и светло-желтым лёссам показывают, что климат на протяжении верхнетретичного и четвертичного времени изменялся от более жаркого, типа саванн, к относительно более прохладному, типа степей.

Однако необходимо отметить, что наиболее древние горизонты лёссовой толщи, и в первую очередь такие, как красная и розовая глины, приобрели свои свойства не только в результате преобразовавшихся их древних почвенных процессов, протекавших в момент их накопления, но и вследствие последующих процессов диагенеза, таких как уплотнение, возникшее под тяжестью толщи вышележащих осадков, воздействие грунтовых вод и пр.

Существование иных, чем сейчас, климатических и почвенных процессов в плиоцене и нижнетретичном времени, а также роль этих процессов в формировании отложений, подтверждается еще и тем, что неоднородные по происхождению породы, накопившиеся в разных районах Лёссовой провинции, но формировавшиеся в одно время, имеют большое сходство и одинаковую окраску. Так, например, красные гиппарионовые глины по цвету такие же, как красноцветная толща ганьсуси.

Итак, проведенный выше анализ состава и строения лёссовой толщи, условий её залегания и распространения, а также соотношений с другими молодыми отложениями позволяет считать, что наиболее правильной является эоловая теория происхождения лёсса. Однако этот вывод, сделанный на основании одних лишь полевых исследований, нельзя считать окончательным. Окончательные выводы о генезисе лёсса могут быть получены только в результате самого широкого и всестороннего исследования лёссовой толщи и в том числе проведения различных анализов — минералогических, механических, пыльцевых, химических и др., а также тщательного изучения фауны и флоры, встречающейся в лёссовой толще.

Кроме того, возникает необходимость в проведении ряда дополнительных полевых и стационарных наблюдений над переносом пыли, в изучении процессов дефляции на месте, выяснении ряда вопросов по циркуляции атмосферы и пр. Естественно, что до проведения всего комплекса намеченных исследований, все выводы, и в частности очень важные для этого палеогеографические построения, могут быть лишь предварительными.

Однако, говоря о генезисе лёсса, необходимо обратить внимание также на строение лёссового рельефа, который должен отражать условия формирования лёссовой толщи.

Рельеф Лёссовой провинции делится на два основных типа, зависящих, в первую очередь от мощности лёссов. Там, где лёссовая толща маломощна, она образует покров, облекающий погребенную поверхность и по-

вторяющий подстилающий рельеф (например, в горах и на молодых террасах). Там же, где лёссовая толща имеет мощность десятки и сотни метров, она формирует самостоятельный рельеф, непохожий на древний. Такой рельеф является совершенно специфическим, имеет закономерное строение и представлен разнообразными типами (волнистый, увалистый и холмистый). Основные площади Лёссовой провинции представлены холмисто-увалистым типом рельефа, состоящим из вытянутых в одном направлении увалов и правильно сочетающихся с ними холмов. Расчленены они густой сетью оврагов, которые вначале развиваются только в межувалистых понижениях и имеют ту же ориентировку, что и увалы. Когда овраги, разрастаясь, начинают разветвляться и расчленяют увалы, правильность лёссового рельефа нарушается.

Строгая ориентированность увалов не случайна, а совпадает с направлением господствующих ветров. Все это позволило придти к выводу, что типичный лёссовый рельеф сформирован в основном эоловыми процессами накопления лёссового материала при одновременном участии эрозии и особенно смыва. На последних этапах развился глубинный размыв, создавший сеть оврагов. Совершенно схожий лёссовый рельеф, с тем же закономерным строением, наблюдается и в ряде районов Средней Азии, там, где лёссовые отложения имеют большую мощность.

Таким образом, закономерности строения лёссового рельефа, указывающие на большую роль в его формировании эоловых процессов, подкрепляют вывод об эоловом происхождении лёссовой толщи.

В заключение важно подчеркнуть, что Северный Китай, где лёссовая проблема зародилась и развивалась, является исключительно благоприятным и для ее разрешения. Здесь лёссы перекрывают обширную территорию, имеющую сложное геологическое, тектоническое и геоморфологическое строение. Следовательно, здесь в близких географических условиях можно изучить характер лёссовой толщи и условия залегания в районах с различным геоморфологическим и геологическим строением. А это может дать исключительно плодотворный материал для ответа на наиболее неясные в лёссовой проблеме вопросы.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

- Б е р г Л. С. Климат и жизнь. V. О происхождении лёсса. М., 1922; М., 1947.  
 Л и С ы - г у а н. Геология Китая. М., Изд. ин. лит., 1952.  
 О б р у ч е в В. А. Центральная Азия, Северный Китай и Наньшань. Отчет о путешествии 1892—1894 гг., т. II. СПб., Изд. Русского геогр. об-ва, 1900.  
 О б р у ч е в В. А. К вопросу о происхождении лёсса (в защиту эоловой гипотезы). Изв. Томск. технол. ин-та, т. 13, № 1, 1909; Избр. работы по географии Азии, т. III, 1951.  
 О б р у ч е в В. А. Проблема лёсса. Тр. II Международной конференции ассоциации по изучению четвертичного периода, вып. 2, 1933; Избр. работы по географии Азии, т. III, 1951.  
 Ф е д о р о в и ч Б. А. Рельеф песков Азии как отображение процессов циркуляции атмосферы. Проблемы физической географии, вып. XIII, 1948.  
 Ф е д о р о в и ч Б. А. Географические условия распространения лёсса в Евразии. Лёссовые породы Украины. Тр. Ин-та геол. наук Укр. ССР, серия геоморфол. и четв. геологии, вып. I, 1957.

ЧЖАН ЦЗУН-ХУ

О ГЕНЕЗИСЕ И ПРОЦЕССЕ ОБРАЗОВАНИЯ ЛЁССОВ РАЙОНА  
ЛУНДУН В СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ КИТАЕ

Описываемый в данной работе район Лундун располагается к востоку от хребта Люпаншань, который протягивается с севера на юг между 37—35° с. ш. В этом районе расположена вся водная система бассейна р. Цзинхэ, являющейся крупным притоком р. Вэйхэ, впадающей в Хуанхэ.

Лундун является типичным районом распространения лёссов. Лёссовые отложения покрывают почти весь район и обладают значительной мощностью (свыше 250 м). Поэтому район Лундун часто называется «центром Лёссового плато».

Географический район Лундун ограничивается на юге высоким хр. Цзиньлин, на севере пустыней Ордоса, а на западе возвышенностью Цзыулин (рис. 1).

Вопрос о генезисе лёссовых отложений района Лундун до сих пор еще не очень ясен. Некоторые китайские, а также зарубежные геологи, поддерживают эоловую гипотезу происхождения лёссов района Лундун. В последнее время среди китайских геологов возникли и другие взгляды на их образование. Они считают образование лёссов района Лундун результатом накопления осадков р. Хуанхэ, тем самым приписывая лёссам аллювиально-озерный генезис. Но это мнение не пользуется широкой поддержкой.

Несмотря на то, что гипотез о происхождении лёссов района Лундун много, до сих пор еще не проводится никаких систематических комплексных исследований этого вопроса. Поэтому проблема лёсса района Лундун до настоящего времени еще не совсем решена.

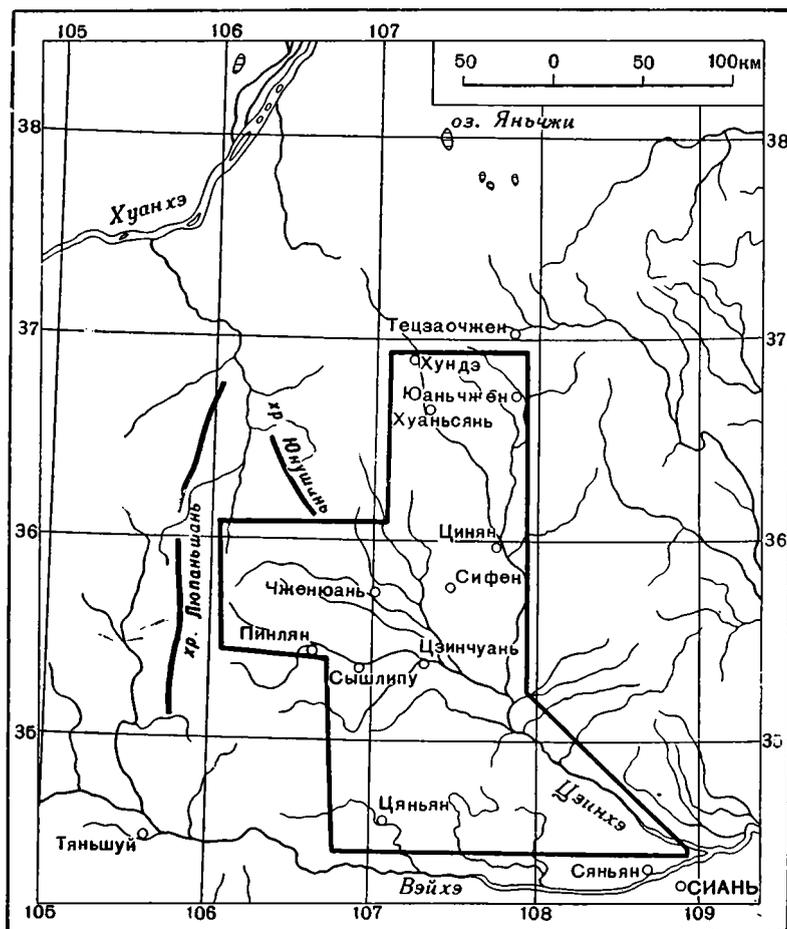
За последние годы Научно-исследовательский институт гидрогеологии и инженерной геологии при Министерстве геологии КНР провел тематические исследования лёссовых отложений района Лундун.

## ЛИТОЛОГО-СТРАТИГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЁССОВ

Лёссовые отложения в литологическом отношении неоднородны и в горизонтальном, и в вертикальном направлениях. Но их изменение отражает определенную региональную закономерность.

Восточнее г. Пинляя лёссовая толща имеет мощность 120 м и в ее верхней части наблюдается 7 горизонтов красноватых, более глинистых, так называемых погребенных почв.

Около Чженюаня, к северо-востоку от г. Пинляя, мощность лёссовой толщи увеличивается до 248 м; здесь также встречаются 7 горизонтов погребенных почв. В городке Сифэн мощность лёссовой толщи достигает



Фиг. 1. Обзорная карта района Лундун.

250 м, но здесь имеется только 4 горизонта погребенных почв. К северу от Сифэна, около Хуаньсяня, мощность лёссов также достигает 250 м, но здесь наблюдается только 2—3 горизонта погребенных почв. К востоку от Хуаньсяня, около Юаньчжэна, лёссовая толща имеет мощность 210—250 м, но сохранилось только 2 горизонта погребенных почв.

По долинам рек (Вэйхэ, Цзинхэ и их притоки) распространены лёссовые породы аллювиального происхождения; они залегают главным образом на речных террасах. По литологическим признакам они явно отличаются от лёссовых пород, наблюдаемых на водоразделах, которые составляют основную массу лёссовых отложений данного района.

Стратиграфическое расчленение лёссовой толщи, распространенной в этом районе, мы провели главным образом на основе характера изменения ее литологической характеристики и сопоставления с возрастом найденных наземных моллюсков.

Вся лёссовая толща может быть разделена на четыре яруса (снизу вверх).

Первый ярус ( $N + Q_1$ ) представляют лёссовидные суглинки, содержащие карбонатное вещество в виде конкреций и пятен; мощность от 20 до 80 м, в среднем 40 м. Погребенных почв не наблюдается.

Второй ярус ( $Q_2$ ) представляет толща лёссовидного суглинка, который макропорист и более компактен, чем вышележащая толща. В нем содержится много карбонатных конкреций; погребенных почв не наблюдается. Мощность этого яруса колеблется от 100 до 150 м (обычно 120 м).

Третий ярус ( $Q_3^1, Q_3^2$ ) содержит два подъяруса. Подъярус 1 ( $Q_3^1$ ) представляет макропористые лёссовидные суглинки, в которых заключены погребенные почвы (обычно 7 горизонтов); мощность этого подъяруса 60—80 м. Мощность погребенных почв колеблется от 0,5 до 2,0 м. Описываемые погребенные почвы очень богаты карбонатными конкрециями и обладают характерной структурой. В сухом состоянии они имеют красноватый цвет. Их очень легко отличить от выше- или нижележащих лёссовидных суглинков в естественных обнажениях по изменению цвета от желтоватого до красноватого или бурого. Подъярус 2 ( $Q_3^2$ ) отличается большей макропористостью, меньшим объемным весом, чем нижележащие породы, светло-желтым цветом и большей рыхлостью. Мы называем слагающие его породы «типичным лёссом»; мощность этого подъяруса от 8 до 15 м. В нем не наблюдается погребенных почв. И по литологическим признакам, и по отсутствию погребенных почв этот подъярус ясно отличается от описанных более низких ярусов. Породы, слагающие этот подъярус, очевидно, имеют меньшую степень диагенетического изменения, чем нижележащие породы.

Четвертый ярус ( $Q_3^2 + Q_4$ ) представлен лёссовидными суглинками и супесями, часто включающими гравий и галечники. Они представляют результат переотложения лёссового материала из вышеописанных ярусов лёсса, мощность их весьма изменчива, иногда 1—2 м (на склонах), в других местах она достигает до 50 м (в долинах рек).

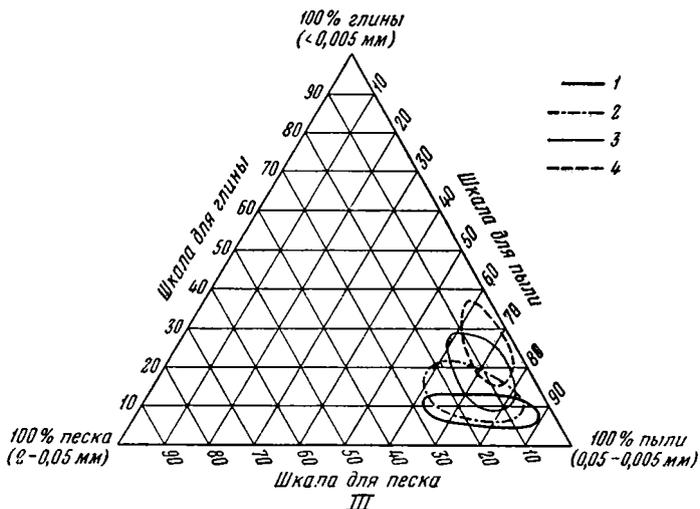
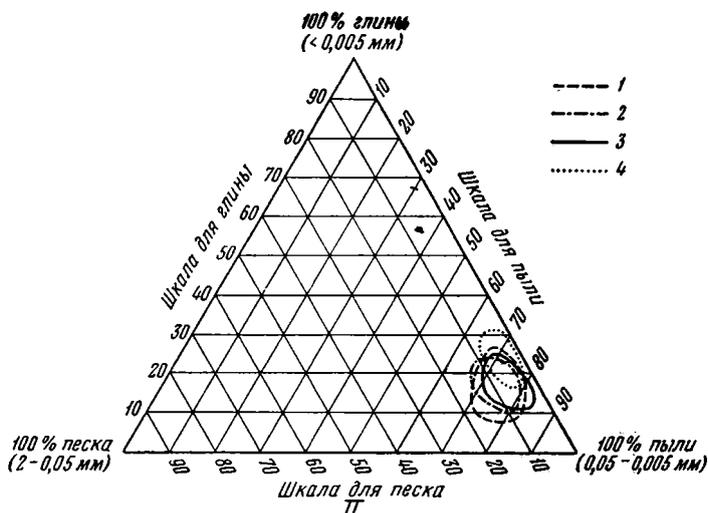
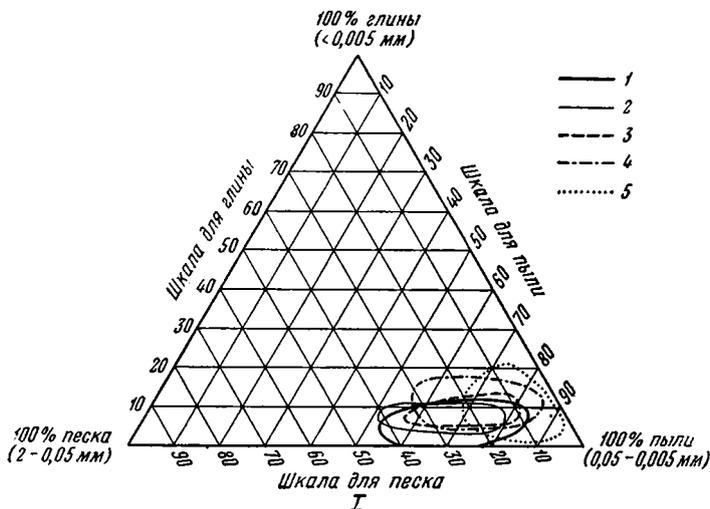
Механический состав лёссовых пород всех ярусов неоднороден и отражает общую закономерность изменения состава снизу вверх: внизу преобладают глинистые фракции, вверху — пылеватые и мелкопесчаные фракции (табл. 1).

Таблица 1

Предварительные результаты анализа гранулометрического состава лёссовых пород района Лундун\*

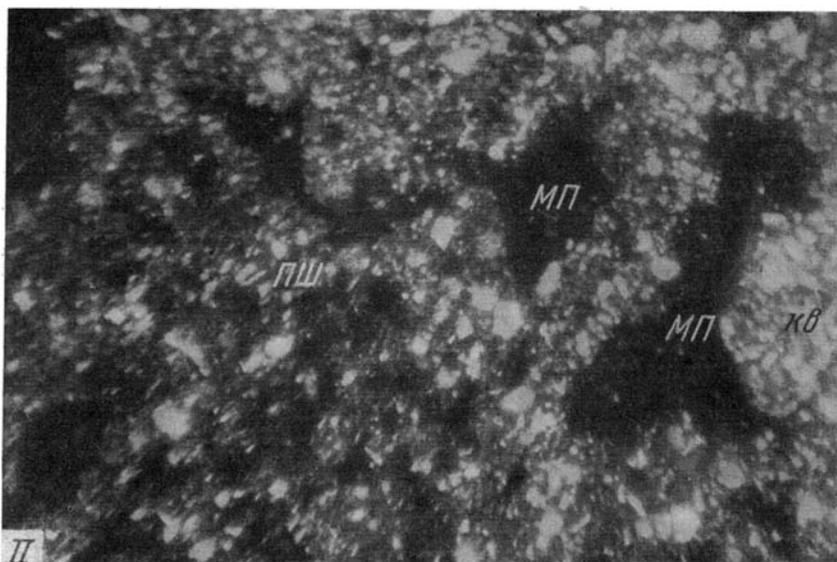
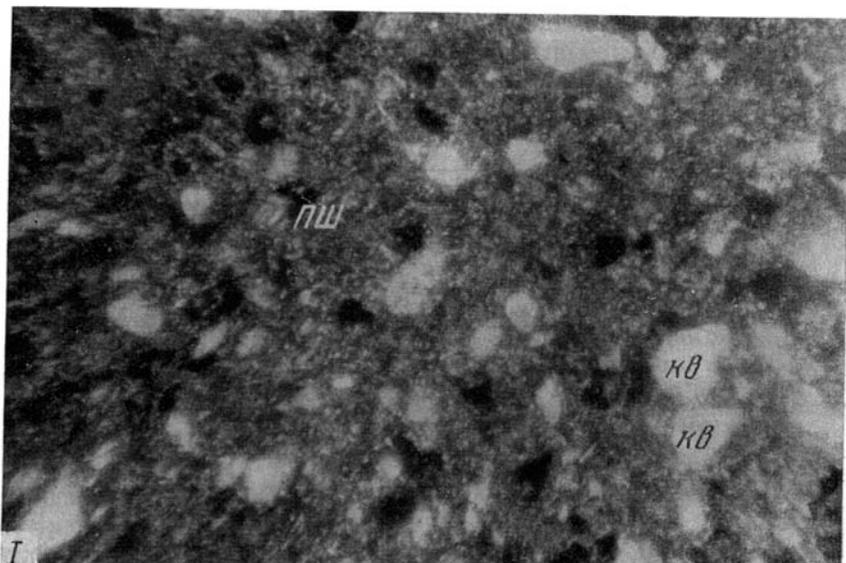
Место взятия обр.	Ярусы	Процентное содержание фракций, мм					Место взятия обр.	Ярусы	Процентное содержание фракций, мм				
		0,25 0,05	0,05 0,01	0,01 0,005	0,005 <	0,005			0,25 0,05	0,05 0,01	0,01 0,005	0,005 <	
Сышлипу	III	9,3	61,3	11,0	18,4	Чженюань	III	1,8	61,1	9,1	22,0		
		8,5	58,2	8,6	24,7			3,8	58,9	9,7	27,6		
	II	0	37,9	24,6	37,5		II	1,6	50,2	13,1	35,1		
	I	11,9	25,1	62,0	1,0		I	3,6	33,4	14,1	48,9		
Пинлянь	III	9,4	65,2	1,1	17,6	Юаньчжен	IV	17,1	64,1	2,1	16,7		
		10,5	62,5	8,3	18,7		III	1,8	46,5	13,1	38,6		
	II	3,4	53,3	42,6	0,7		II	5,6	54,2	9,9	29,3		
I					I		13,5	32,2	13,5	39,8			
Цзюань	III	0	13,5	6,9	19,6	Тецзаочжэн	IV	12,1	68,3	5,3	14,1		
	II	2,4	47,6	13,2	36,8		I	10,3	36,7	17,0	36,0		

\* Образцы взяты на водораздельном пространстве (на лёссовом массиве).

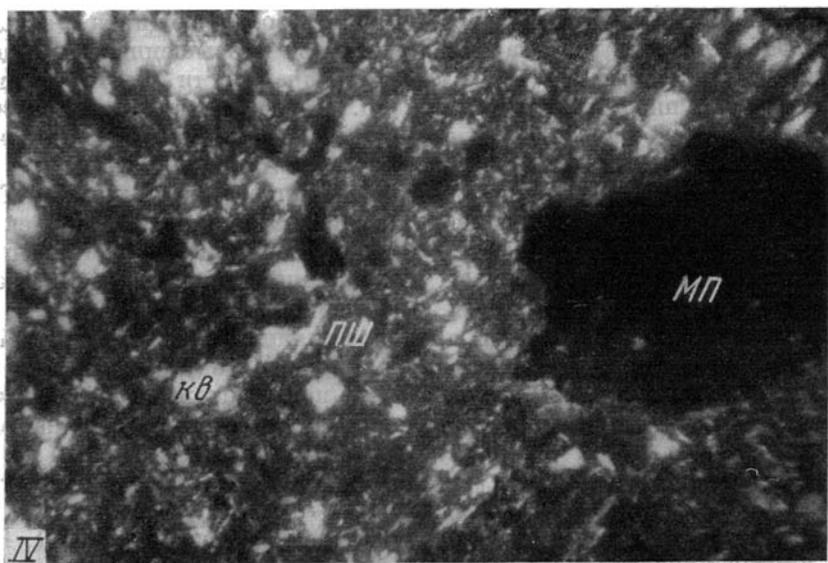
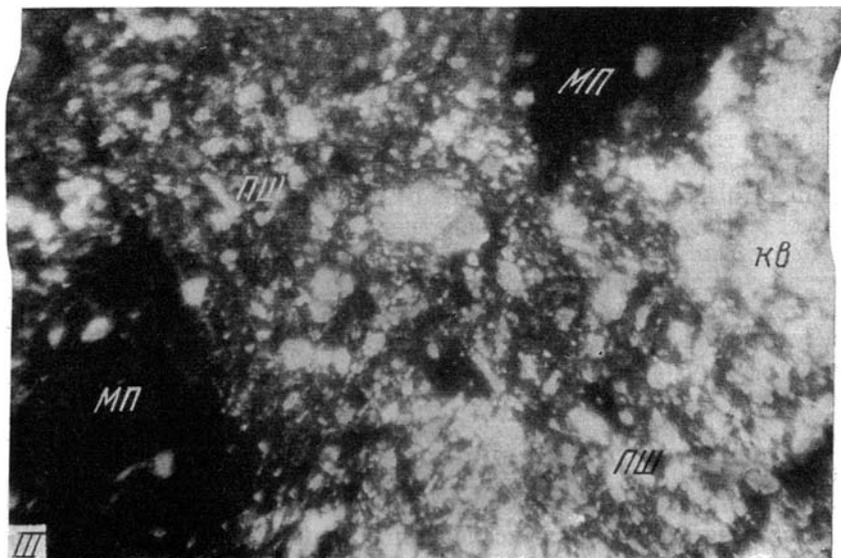


Фиг. 2. Результаты анализа гранулометрического состава лёссов и погребенных почв.

I — анализы лёссов третьего яруса из разных пунктов: 1 — Цзяньсянь—Юншоу; 2—Юаньчжен—Тецзаочжен; 3 —Цзинля—Тецзаочжен; 4 — Чженюань—Юэло; 5 — Юншоу—Цзинля.  
 II — анализы погребенных почв: 1 — первого горизонта; 2 — второго горизонта; 3 — третьего, четвертого и пятого горизонтов; 4 — шестого и седьмого горизонтов. III — анализы лёссов и лёссовидных пород первого (1), второго (2) и третьего (3, 4) ярусов.



Фиг. 3. Строение лёссов и лёссовидных суглинков под микроскопом  
 I — лёсс золотой ( $Q_{3+4}^2$ ). Место взятия образца — Юаньчжен,  $\times 350$ ; II — лёсс  
 пролювиальный, ( $Q_3^2$ ). Место взятия образца — Шзычжен,  $\times 350$ ;



III — лёсс пролювиальный ( $Q_3^2$ ). Место взятия образца — Сышлипу,  $\times 350$ . IV — лёссовидный суглинок, пролювиальный ( $Q_3^1$ ). Место взятия образца — Чженюань.  $\times 350$ . кв — зерна кварца; МП — макропоры; ПШ — полевоы шпат.

Механический состав погребенных почв отличается большим, чем у других лёссовых пород, содержанием глинистых частиц.

В горизонтальном направлении обнаруживается закономерность изменения состава с юга на север и с востока на запад с увеличением процентного содержания пылеватых и мелкозернисто-песчаных фракций.

Результаты гранулометрического анализа лёссовых пород третьего яруса показаны на фиг. 2, I. Гранулометрический состав погребенных почв показан на фиг. 2, II. Закономерность изменения гранулометрического состава всех ярусов показана на фиг. 2, III.

Минералогический состав крупных зерен лёссовых пород всех ярусов характеризуется наличием кварца, полевого шпата и биотита. Кварц под микроскопом обычно имеет плохо окатанную форму, иногда сохраняет резкие углы (фиг. 3). Полевые шпаты и биотит имеют длинную палочкообразную форму (фиг. 4).

### ОБЩИЕ ЧЕРТЫ ЭВОЛЮЦИИ РЕЛЬЕФА РАЙОНА ЛУНДУН ЗА ЧЕТВЕРТИЧНЫЙ ПЕРИОД

В отношении тектоники исследуемый район представляет структурную впадину, которая существовала еще в третичный период.

Впадина Лундун ограничивается на западе хр. Люпаншань, возникшим в конце третичного периода. Между Люпаншанем и впадиной Лундун существует крупный разрыв с простираем с севера на юг. На южной границе впадина занимает грабен р. Вэйхэ, простирающийся с запада на восток. Обе стороны грабена ограничиваются возвышенностью Лаоелин на севере и хр. Цзинлиншань на юге. В средней части грабена протекает р. Вэйхэ — крупный приток р. Хуанхэ. На севере впадина соприкасается с платформой Ордоса. Вблизи впадины на востоке имеется возвышенность Цзыулин.

Палеорельеф района Лундун после третичного периода имел форму впадины, которая почти совпадала с границами района. В раннечетвертичное время, под влиянием быстрого поднятия хр. Люпаншань, впадина Лундун сыграла большую роль в накоплении четвертичных отложений, перенесенных с окружающих ее возвышенностей.

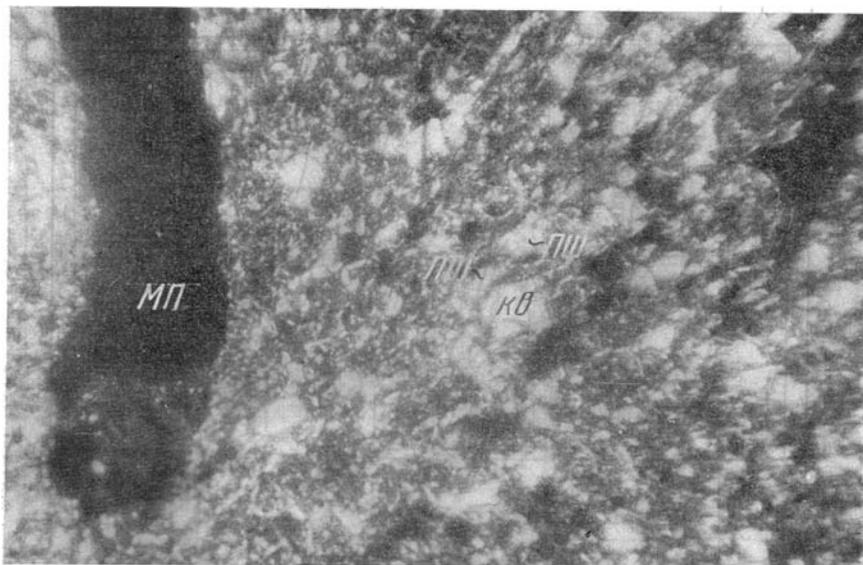
К концу четвертичного периода, под влиянием общего поднятия всей области Северо-Западного Китая, впадина Лундун была заполнена мощными четвертичными отложениями — исключительно лёссовыми породами, и также поднялась и продолжает подниматься в настоящее время.

В связи с общим поднятием района Лундун в его рельефе преобладают эрозионные формы.

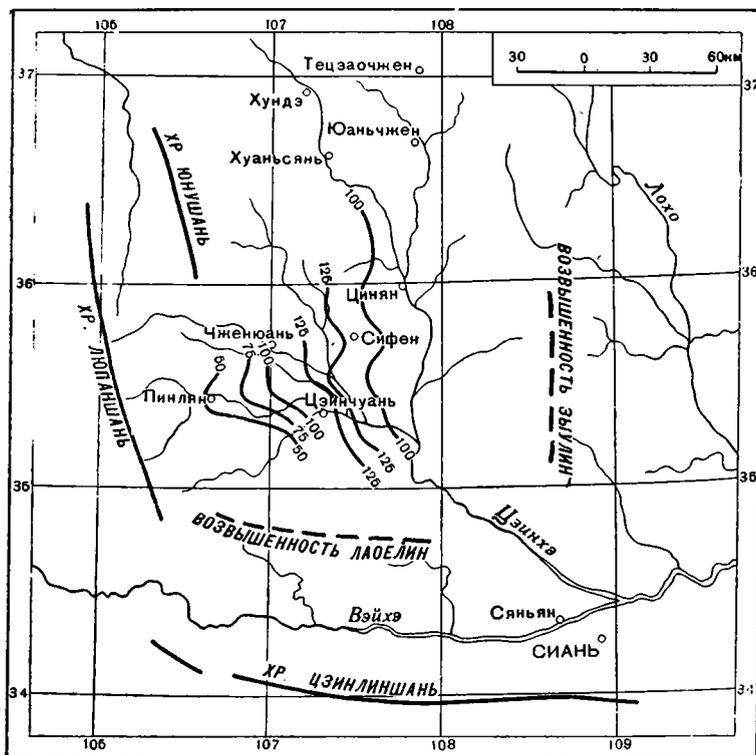
В течение четвертичного периода накопление лёссовых толщ I, II, III и IV ярусов происходило неравномерно. Общая закономерность изменения мощности лёссовых толщ всех ярусов изображается на фиг. 5, 6, 7 и 8.

Максимальная мощность лёссовой толщи обычно наблюдается в средней части района (впадина Лундун). Это хорошо видно также на профилях фиг. 9 и 10.

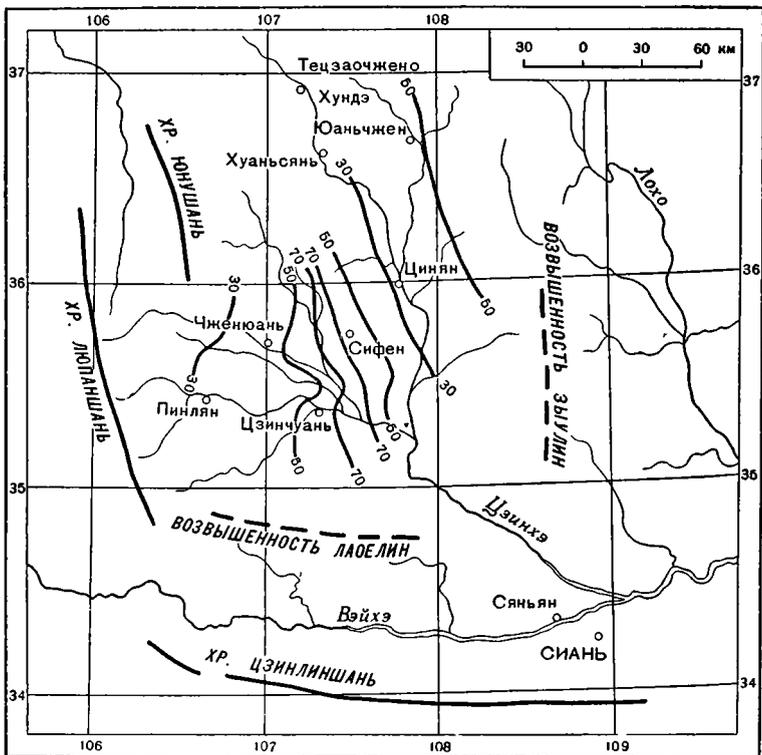
Из всех изложенных данных можно составить ясное представление о том, как изменялся палеорельеф района Лундун: вначале здесь существовала ясно выраженная впадина, исчезающая по мере накопления в ней лёссовых отложений и превратившаяся в конце четвертичного периода в предгорное плато.



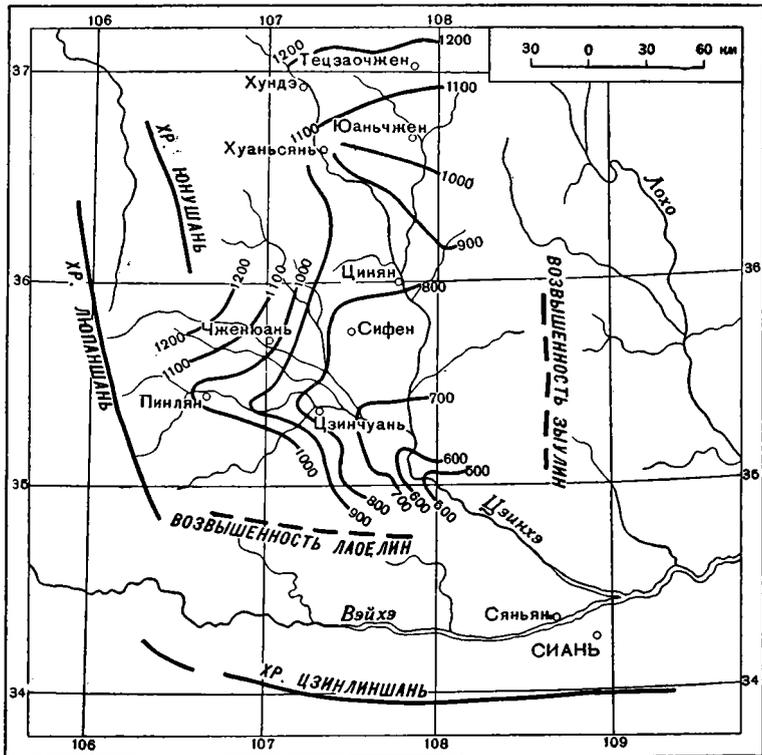
Фиг. 4. Строение погребенной почвы под микроскопом ( $Q_3^1$ ). Место взятия образца — Сышлцпу,  $\times 350$ . кв — кварц; МП — макропоры; ПШ — полевоы шпат.



Фиг. 5. Карта изогипс поверхности коренных пород. Изогипсы показывают относительную высоту над урезом р. Вэйхе у г. Сяньян.



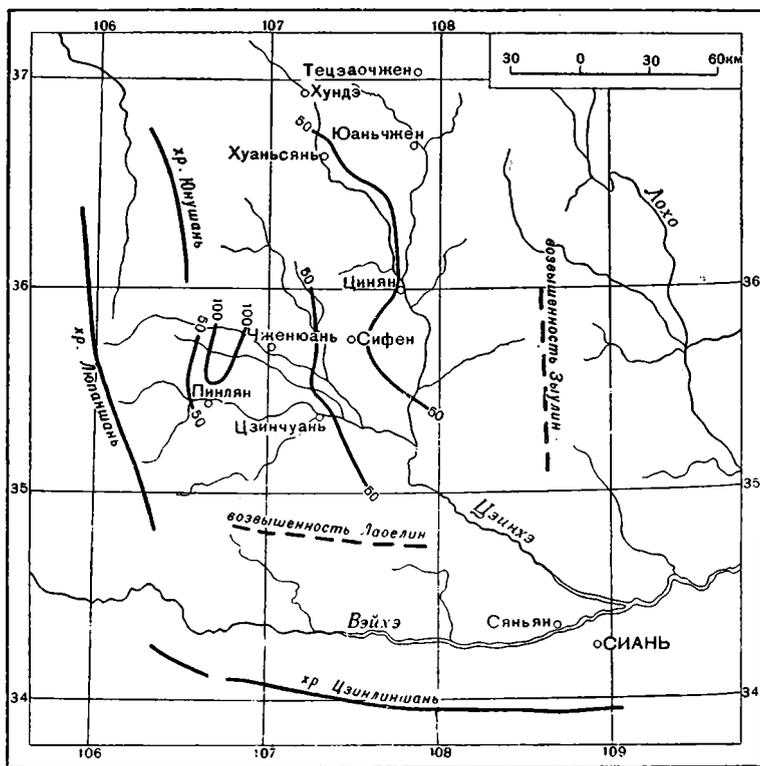
Фиг. 6. Схема изопоит I яруса лёссовых пород района Лундун.



Фиг. 7. Схема изопоит II яруса лёссовых пород района Лундун.

## Генетическая классификация лёссовых пород района Лундун

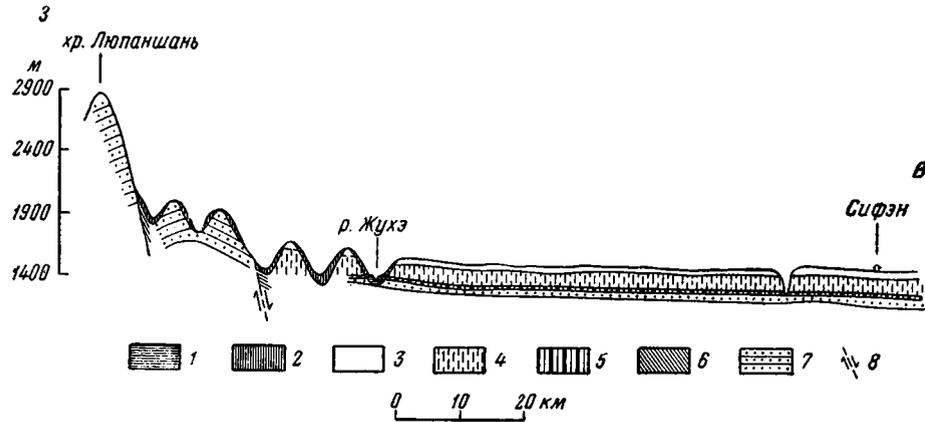
Генетические типы	Геологический индекс	Геоморфологические элементы, на которых распространены лёссовые породы	Мощность, м	Современные климатические условия	Фашии	Литоологические признаки
1. Аллювиальные	$\{Q_4$ $Q_3^2 + Q_4$	Долины рек Вэйхэ, Цзинхе, Маляньхэ, Пухэ и др., а также овраги	250	Континентальные полупустынные условия, но сравнительно более влажные, чем других мест этого района	а) террасовая фашиа б) пойменная фашиа	Макропористые лёссовидные суглинки и супеси, иногда с прослойками песков
2. Делювиальные	$Q_3^2 + Q_4$	Склоны возвышенности Склоны бортов террасы	1 — 2 не больше 10	То же	Склоновая фашиа	Макропористые лёссовидные суглинки, иногда с щебнем
3. Эоловые	$Q_3^2 + Q_4$	Водоразделы и вершины холмов на севере района Лундун	то же	Континентальные, полупустынные условия, но более пустынного характера (меньше осадков). Ветер играет значительную роль	Эоловая лёссовая фашиа	Макропористые лёссы, более песчанистые, объемный вес меньше, чем лёссовидных пород других типов
4. Проллювиальные	$Q_3^2, Q_3^1,$ $Q_2, N + Q_1$	Водоразделы, предгорное плато (или равнина), древние террасы	100 — 150	Континентальные, полупустынные условия	а) фашиа конусов выноса б) фашиа шлейфов	Макропористые лёссы и лёссовидные суглинки более древнего возраста, сравнительно более компактны и крепки
5. Погребенные почвы	$Q_3^1$	Водоразделы, подгорное плато, древние террасы	0,5 — 2,5	То же	Каштановые почвы	Коричневые красноватые суглинки и тяжелые суглинки с карбонатными конкрециями
6. Смешанные (аллювиально-делювиальные)	$Q_3^2 + Q_4$	Водоразделы долины, склоны	1 — 2	«	Склоновая фашиа	Макропористые лёссовидные суглинки



Фиг. 8. Схема изопахит III и IV ярусов лёссовых пород района Лундун.

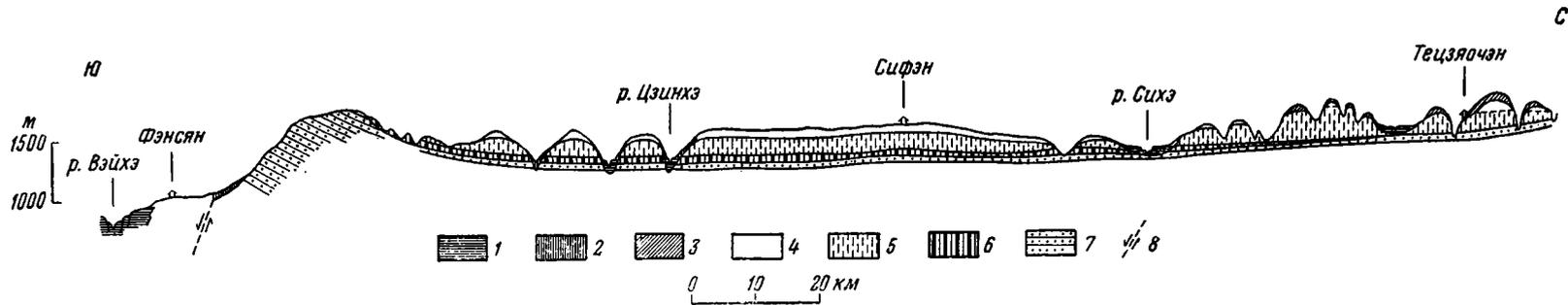
Таблица 3  
Стратиграфический разрез лёссовой толщи района Лундун

Ярус	Индекс	Литологическая характеристика	Генетические типы	Мощность, м
IV	Q <sub>4</sub>	Лёссовидные суглинки, пески, гравий	Аллювий,	меньше 50
	Q <sub>3</sub> <sup>2</sup> + Q <sub>4</sub>	Лёсс, лёссовидные суглинки со щебнем	Дельтовый, Аллювий, Элювий, Эоловый лёсс	1—2, иногда 10
III	Q <sub>3</sub> <sup>2</sup>	Лёсс	Проловий	8—15
	Q <sub>3</sub> <sup>1</sup>	Лёссовидные суглинки с погребенными почвами	Проловий	60—80
II	Q <sub>2</sub>	Лёссовидные суглинки, богатые карбонатными конкрециями	Проловий	100—150 (обычно 120)
I	Q <sub>1</sub>	Лёссовидные суглинки, тяжелые глины, содержат карбонатные пятна	Проловий, озерные отложения	20—80 (обычно 40)



Фиг. 9. Геологический разрез между хр. Люпаншань и г. Сифэном (составлен группой по изучению лёссов Научно-исследовательского института гидрогеологии и инженерной геологии)

1 — IV ярус  $al Q_4$ ; 2 — IV ярус  $d Q_4$ ; 3 — III ярус  $pl Q_3$ ; 4 — II ярус  $pl Q_3$ ; 5 — I ярус  $pl Q_3$ ;  
6 — отложения палеогена; 7 — маловые отложения; 8 — сброс.



Фиг. 10. Геологический разрез между городами Фэнсян и Тецзяочаном (составлен группой по изучению лёссов Научно-исследовательского института гидрогеологии и инженерной геологии).

1 — IV ярус  $al Q_4$ ; 2 — IV ярус  $al Q_4$ ; 3 — IV ярус  $d Q_4$ ; 4 — III ярус  $pl Q_3$ ; 5 — II ярус  $pl Q_3$ ; 6 — I ярус  $pl Q_3 + N$ ; 7 — меловые отложения; 8 — сброс.

## ВЫВОДЫ

1. Литология и стратиграфия лёссовых отложений района Лундун оказываются достаточно сложными. Литологические особенности лёссов изменяются в связи с изменением геоморфологии местности.

Наблюдаемые в третьем ярусе лёссовой толщи горизонты погребенных почв имеют региональное значение для стратиграфического сопоставления. Погребенные почвы отражают перерывы отложения лёссового материала в общем процессе образования лёссовой толщи.

2. Изменение гранулометрического состава лёссовых пород с увеличением процентного содержания глинистых частиц в нижнем ярусе позволяет предполагать смену естественных условий образования лёссовых пород, а именно изменение палеоклимата от более влажного к сухому.

3. Генетические типы лёссовых отложений, наблюдаемые в данном районе, разделяются на аллювиальные, делювиальные, пролювиальные, смешанные, эоловые и погребенные почвы (табл. 2).

В районе Лундун лёссовые породы пролювиального происхождения являются генетическим типом, имеющим значительное распространение, и занимают большую часть геологического разреза.

К такому выводу можно придти, анализируя известные факты геоморфологических условий залегания и литологических особенностей всех выделенных нами ярусов лёссовой толщи. Однако он является пока лишь предварительным, поскольку наши исследования не завершены. В частности, не сделаны систематические исследования минералогического состава тяжелой и легкой фракций как самих лёссов, так и мелкозернистых песчаников и глин третичного и мелового возраста, за счет переотложения продуктов выветривания которых могли возникнуть лёссы.

Что касается эолового лёсса, то, по нашему мнению, он также существует в данном районе, но не является основным генетическим типом. Этот лёсс более светло окрашен, более легкий и песчанистый и явно отличается от господствующих, предположительно пролювиальных лёссов, по внешним признакам. Эоловые лёссы распространяются только в северной части данного района и покрывают лёссовые породы более древнего возраста. Они занимают сравнительно небольшую площадь и малую часть геологического разреза (табл. 3).

4. Материал, из которого образовались лёссовые породы, заполняющие впадину Лундун, мог быть перенесен с окружающих возвышенностей, покрытых выветрелыми или уже переотложенными горными породами, возникшими за счет разрушения третичных или меловых пород.

---

Я Н Ц З Е

## ГЕНЕЗИС ЛЁССОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ СЕВЕРНОГО КИТАЯ

За последние двадцать — тридцать лет многие ученые проделали большую работу по изучению четвертичных отложений Китая и в особенности лёссов и красноземов севера страны. Работа по систематизации и обобщению полученных материалов является чрезвычайно интересной. Однако для такой кропотливой работы в настоящее время еще нет необходимых условий. Поэтому автор данной статьи выносит на суд товарищей, интересующихся четвертичными отложениями, лишь предварительное сообщение, основанное на изучении отдельных районов.

Более ста лет назад Рихтгофен назвал «молодые» отложения Северного Китая лёссом. Мощность этих лёссов, по его мнению, составляла не менее тысячи метров, а возраст соответствовал ледниковому периоду. Теория Рихтгофена сводилась к следующему. В ледниковый период климат северной части Евразии был сухой и холодный. Большая часть территории была скована ледниками, а из-за полярного круга в юго-восточном направлении дули сильные непрекращающиеся северо-западные ветры, которые из Сибири и других районов приносили в северную часть Китая массу пыли, которая и образовала мощные отложения лёссов. Многие приняли теорию Рихтгофена, согласно которой лёссы представляют собой эоловые отложения.

Основные особенности лёсса, по Рихтгофену, можно свести к следующему:

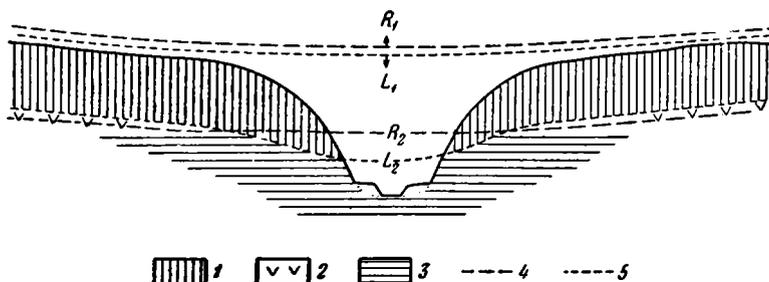
1. Распространен в горах и долинах.
2. Залегание неслоистое; образует отвесные стенки, обладающие частую столбчатой отдельностью.
3. Пылеватая структура, без галек.
4. Содержит кварц, также полевой шпат, роговую обманку и другие стабильные и полустабильные минералы.
5. Содержит много углекислого кальция, нередко образующего конкреции и т. д.

Фактически, так называемый «лёсс Рихтгофена» представляет собой достаточно сложную толщу отложений, в которой отдельные горизонты различаются как по составу, так и по возрасту. Общая картина строения лёссовых отложений (сверху вниз) такова.

1. Аллювиальные отложения (включающие, так называемый, вторичный лёсс Андерсона) — голоцен.
2. Собственно лёсс — плейстоцен.
3. Красноватые суглинки (отложения речной фации саньмын, озерной фации нихэвань и красный суглинок — чжоукоудянь) — от нижнего плейстоцена до верхнего плиоцена.
4. Красные глины — нижний плиоцен.

Аллювиальные отложения являются самыми молодыми отложениями, характерными для Восточно-Китайской равнины.

Лёссовые отложения в предгорьях — районах, прилегающих к равнинам, а также по краям горных долин образуют холмы высотой до 30—60 м, что характерно, например, для Сишани под Пекином, для Мынтоугоу, Баньцяо и Чжайтан. Во внутриматериковых районах, за исключением горных долин, с их лёссовыми холмами, лёсс образуется во впадинах обширного плато, например, в Западной Шаньси и в Северной Шэньси. На основании геологических исследований и палеонтологических данных возраст этих отложений можно отнести к плейстоцену.



Фиг. 1. Поперечный разрез долины р. Цзюшуйхэ в окрестностях г. Линьсянь.

1 — лёсс; 2 — остатки красноцветных отложений; 3 — триасовые отложения; 4 — первоначальное положение кровли ( $R_1$ ) и подошвы ( $R_2$ ) красноцветных отложений; 5 — первоначальное положение кровли ( $L_1$ ) и подошвы ( $L_2$ ) лёссовых отложений.

Красноватые суглинки залегают в нижней части лёссовых отложений в предгорьях и приравнинных районах. Часто они имеют красноватый цвет, сравнительно большую плотность, а на горных склонах, выше лёссовых холмов, переслаиваются с песчаными отложениями более интенсивного красного цвета. По составу суглинки эти довольно тяжелые. Они соответствуют отложениям чжоукоудянь. Подобная картина наблюдается также и внутри горных районов. Кроме того, в среднем течении Хуанхэ, в районе Саньмын залегают речные лёссовые отложения, а в долине р. Сангань, в районе Нихэваня, имеются чисто озерные фации лёссовых отложений. На основании изучения обнаруженных здесь ископаемых, их можно отнести к верхнему отделу плиоцена и нижнему отделу плейстоцена.

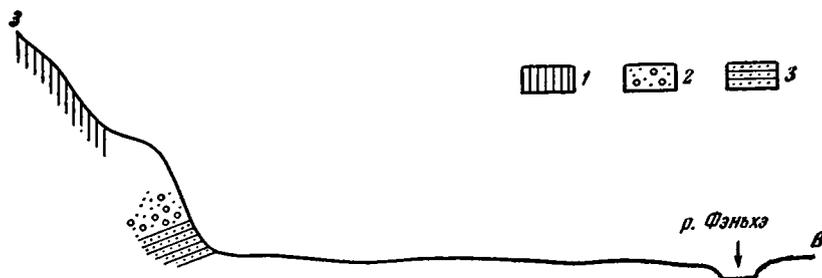
Красные глины в предгорьях и приравнинных районах залегают обычно под лёссами. В этих районах имеются отдельные выходы красных глин. В горных районах и во внутриматериковых впадинах наблюдается сходная картина, однако выходов красных глин там больше, а характер их строения сложнее. При эрозии лёссов здесь обнажаются отдельные крупные участки красных глин. На основании находок ископаемых эти отложения должны быть отнесены к плиоцену.

Поскольку четвертичные отложения Северного Китая имеют самое различное строение, вопрос о их генезисе должен рассматриваться в каждом случае особо. Некоторые сведения дают палеонтологические данные, указывающие на возраст этих отложений. Дополнительные сведения дают геоморфологические данные, данные об условиях их залегания и литологическом составе. В свете этих данных мы проводим анализ генезиса лёсса, этого важнейшего типа четвертичных отложений Китая.

Аллювиальные отложения Северного Китая приурочены к речным долинам и образуют ряд террас.

Лёссовые отложения.—В первую очередь следует остановиться на геоморфологических условиях их залегания. Лёссы Северного Китая представляют собой типичные водные отложения и приурочены в своем распространении к определенному уровню.

Общая картина закономерности выходов на поверхность этих отложений следующая: в горных, а также предгорных районах эти отложения достигают лишь определенной высоты, оказываясь приуроченными к террасам. Так, например, террасы р. Малань поднимаются над современной речной долиной на высоту 30—60 м. Подтверждение этому мы находим в



Фиг. 2. Схематический разрез долины р. Фэньхэ у г. Вэньшуйчэн.

1 — лёссовый слой; 2 — донный конгломерат, очень напоминающий лёссовый слой (?); 3 — красный песчаник.

Сишани под Пекином. Подобную картину мы наблюдаем также в горных районах и во внутриматериковых впадинах: здесь поверхность лёссов ровная и отложения также достигают лишь определенной высоты. На западных склонах Люйляншаня, в северо-западной части Шаньси горы и горные вершины при высоте более 1700 м подобно островам поднимаются над поверхностью равнины и не имеют отложений в виде типичных лёссов.

К горам, лежащим выше указанного уровня, приурочены ясно выраженные водоразделы, разделяющие лёссы двух смежных водных систем. Например, лёссовые отложения долин рек Изюшуйхэ и Бэйчуаньхэ совершенно отделены одна от другой горами Хуанлуншань. Вместе с тем, в среднем течении Хуанхэ лёссовые образования Шаньси-Шэньсийской впадины отделены от лёссовых образований р. Фэньхэ горами Люйляншань. Кроме того, лёссовые образования Цзинлэ-Финьсянской впадины также четко отделены от лёссовых образований районов Линь и Спнь. Но в местах слияния названных рек лёссы соединяются, что свидетельствует об их аллювиальном происхождении, но не в пользу их образования из пыли, разносившейся по воздуху и без всякой системы заполнявшей горные долины. Мощные лёссы внутриматериковых горных районов и обширных впадин прорезаются реками и руслами временных потоков. Поэтому в горных долинах лёссы образуют хорошо выраженные террасы. Когда мощность лёссов велика, в них образуются лёссовые каньоны, глубина которых часто превышает 100 м. Так, например, под Линьсянем русло реки лежит на высоте 200 м, а поверхность лёсса на высоте 1400 м (фиг. 1). Хотя лёссовые отложения и образуют неровный рельеф, однако общие особенности залегания этих отложений очень отчетливо выражены.

Поверхность коренных пород, подстилающих лёссовые отложения в предгорьях и по границе с равнинами, очень неровная и несет следы речной эрозии. Это означает, что лёссы отложились после того, как от подвергшихся эрозии пластов красных глин и суглинков плиоцена и плейстоцена остались лишь небольшие участки, причем образовавшиеся в предыдущий период речные долины уже не расширялись. В предгорных районах распространения лёссов рельеф носит унаследованный характер, видоизмененный деятельностью геологических агентов последнего времени: реки лишь немного углубили свои долины, что привело к выходу на поверхность красноцветов и коренных пород (берега р. Хуэйхэ, в Сишани под Пекином). В горных районах и во внутриматериковых областях, как, например, в Центральной и Западной Шэньси, большая часть лёссов отложилась в обширных речных долинах и озерных впадинах, но и эти районы также являются местом отложений более древних красноцветных образований. Под лёссом залегают красноцветные глины и суглинки значительной мощности. Эрозия здесь проникала глубоко, так что нижележащие слои образовывали отвесные стенки высотой в несколько десятков метров.

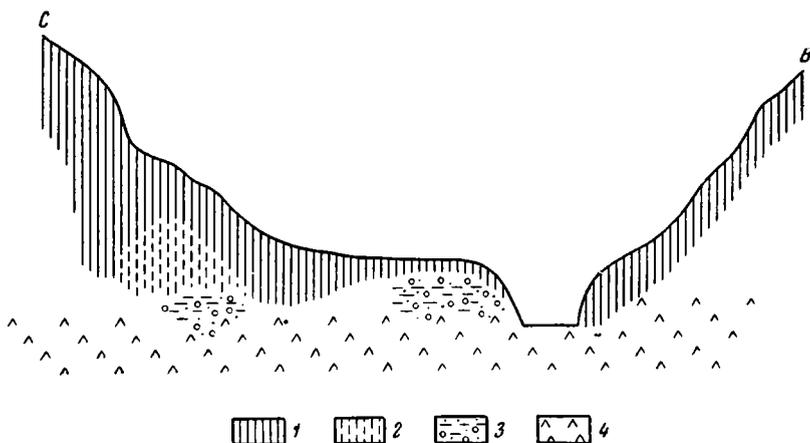
При изучении закономерностей распространения лёссовых отложений и их геоморфологии можно сделать заключение о том, что распространение лёссовых отложений ограничено сферой действия рек. Во внутриматериковых районах, например, в провинциях Шаньси, Шэньси и Ганьсу, древний рельеф обширных впадин, можно полагать, имеет также эрозионное происхождение. Разница в положении уровней Восточной равнины и северо-западных районов Китая не обязательно была такой же, как в настоящее время. Исходя из этого, можно прийти к следующим выводам.

Начиная с конца третичного периода происходило постепенное поднятие внутренних частей страны, особенно гор, а возможно также и предгорных районов. Восточная равнина в это время постепенно опускалась. По мере продвижения в глубь материка местность постепенно повышалась. Тенденция контрастных движений имела место уже в конце периода накопления красноцветных отложений. Лишь в самом конце периода накопления лёссовых отложений окончательно оформился современный ландшафт. Таким образом, в период отложения лёссов область Северо-Западного Китая испытывала прогибание, и лишь в результате последующего поднятия здесь образовалось плато. Реки во внутриматериковой впадине в то время имели сток в эту впадину. Однако сток этот не был особенно сильным. Впоследствии в результате поднятий внутриматериковых районов и усиления эрозионных процессов система рек, имевшая сток на восток, быстро прорвала борт впадины. Поэтому реки, протекавшие в горных районах, могли беспрепятственно течь так, как мы наблюдаем это в настоящее время.

В предгорных районах в основании лёссовых отложений находятся конгломераты (например, в районе Сишань под Пекином, в Мынтоугоу, в Баньцяо, в Джайтане и в других местах). В горных районах, например, в долине р. Фэньхэ, на западных склонах Люйляншаня также прослеживаются конгломераты (фиг. 2—4). Если продвигаться вверх по течению современных долин, то можно видеть, что галечные слои постепенно переходят в песчаные отложения. Вниз же по течению обнаруживается смена галечников очень тонкими отложениями — типичными лёссами.

При изучении лёссов Китая обычно не обращали внимания на эту фациальную локальность четвертичных отложений и потому с большой натяжкой объясняли образование лёсса действием ветра. В подстилающих лёссы песчаниках и конгломератах косая слоистость встречается очень

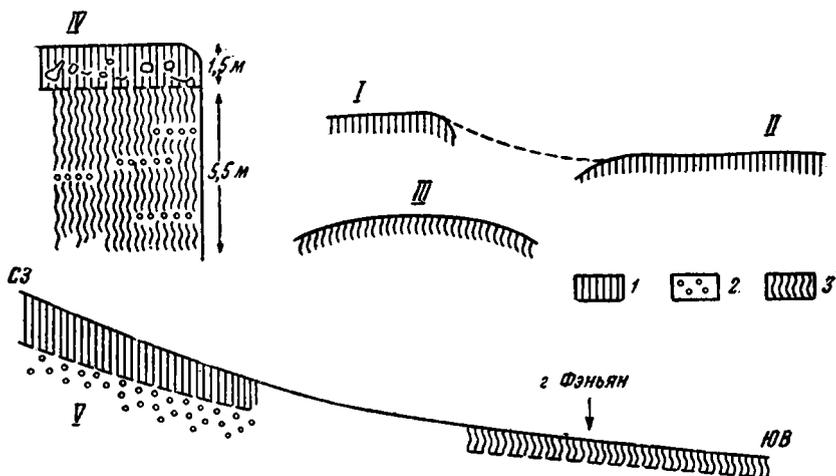
часто (например, в районах, лежащих восточнее Саньцзяочжэни на юге Линьсяня). Лёссовые отложения в предгорных районах характерны для древних горных долин, а в горных районах встречаются только в крупных



Фиг. 3. Рельеф лёссовой долины в среднем течении р. Ганьчуаньгоу.

1 — лёссовые отложения; 2 — лёссовые отложения красноватого цвета (основание лёссовой толщи); 3 — желтый конгломерат; 4 — сиениты.

внутриконтинентальных озерных бассейнах. Это свидетельствует о том, что лёссовые отложения Китая представляют собой речные и озерные материковые фации четвертичных осадков.



Фиг. 4. Характерные разрезы окрестностей г. Фэньяна.

1 — лёсс; 2 — конгломерат в основании лёсса (?); 3 — песчаный слой (вторичный лёсс). I — западный холм; II — северо-западный холм; III — Фэньянский холм, вероятно связанный с северо-западными холмами; IV — разрез у западных ворот; V — разрез в районе Фэньяна в направлении с северо-запада на юго-восток.

Конгломераты, залегающие в основании лёссов, являются вторично-отложившимися, а галька их состоит из более древних пород. Судя по сравнительно небольшой степени окатанности гальки, эти конгломераты образованы из местного обломочного материала. Наиболее интересно то,

что известковые конкреции красноцветных отложений часто встречаются в конгломератах в основании лёссовых толщ или же попадают в прослоях конгломератов в средней и нижней частях лёссов. Это явление наблюдается в районе Танцзягоу — Янцзягоу в северо-западной части Линьсяни. У д. Танцзягоу в лёссовых отложениях имеется отчетливый конгломератовый слой с галькой, почти полностью состоящей из известковых конкреций красноцветных отложений.

В типичных лёссах обломочный материал бывает представлен как устойчивыми, так и неустойчивыми минералами. В районе Сишани под Пекином в лёссах обнаружены обломки местных вулканических пород. В минералогическом составе лёссовых отложений и красноземов, а также вторичных лёссов, не обнаруживается заметных различий. Не наблюдается различий в минералогическом составе лёссов и подстилающих их коренных пород. Можно лишь говорить об абсолютном отсутствии таких минералов, как полевой шпат и роговая обманка, в глинистых песчаниках районов нижнего течения Хуанхэ и Янцзы. Несмотря на то, что главная часть лёссовых отложений сложена частицами кварца или глины с примесью углекислого кальция, мы все же очень редко встречаем здесь известковые конкреции. Во вторичных лёссах аллювиальных отложений мы также редко видим известковые конкреции. Таким образом, в этих двух разновидностях лёсса, за исключением некоторых районов, где мы находим мелкие конкреции, большое количество конкреций ни в коем случае не может служить особым признаком северо-китайских лёссов. Однако в красноземах известковые конкреции встречаются очень часто, причем довольно крупные. Иногда они образуют тонкослоистые накопления, напоминающие тонкослоистые известняки. Подобная картина свидетельствует о том, что известковые конкреции лёссов не имеют сколько-нибудь значительной связи с конкрециями красноцветов. Исследование вторичного лёсса показало, что в нем намного меньше углекислого кальция и окислов железа, чем в первичном лёссе, что указывает на связь с гидрогеологическими процессами, более типичными для расположенных глубже зон. В лёссе окислов железа и углекислого кальция по сравнению с красноземом значительно меньше; здесь также очевидна роль и гидрогеологических процессов, определивших окраску лёсса в желтый цвет. Совершенно очевидно, что вторичные лёсы образовались из более древних лёссов в результате их перепотложения. Поэтому на основе всего сказанного, мы можем говорить о большей вероятности того, что лёсы образовались из красноземов, подвергшихся воздействию на них текучих вод.

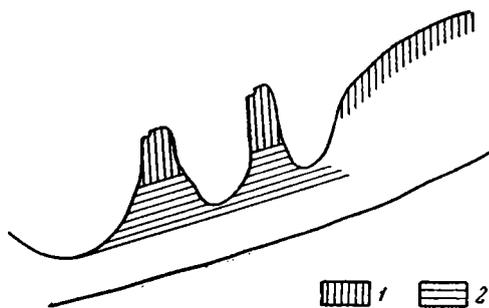
В горном хребте Иньшань и особенно в районах, лежащих севернее, типичные лёсы встречаются очень редко. Здесь большая часть покровных отложений имеет красноватый оттенок, а местами приобретает интенсивную красную окраску. Поэтому в период образования этих отложений в этих местах обязательно должны были протекать процессы накопления красноземов. В районах, лежащих южнее, т. е. на большей части территории развития лёссов, имеются следы и красноцветных отложений. Принимая это во внимание, мы можем сделать следующее предположение: на подвергшиеся эрозии красноцветы районов, расположенных в нижнем течении рек, отложились продукты их размыва, принесенные из верхнего течения рек. Таким образом, в результате эрозии, имевшей место в один период, и отложения в последующий период красноцветные отложения были почти полностью замещены лёссами. Андерсон и другие ученые уже давно пришли к следующей точке зрения: в районе Внутренней Монголии нет лёссов, а поэтому вполне вероятно, что Внутренняя Монголия и являлась источником выноса лёссового материала. Это значит, что лёссовый

материал переносился из этой местности ветрами. Мы считаем, что лёссы являются продуктом видоизменения красноземов под действием речной эрозии, так как ветры не могли образовать на поверхности красноземов глубокие долины и обширные впадины. Это, конечно, не значит, что лёссовый материал совсем не подвергался действию ветров. Но главной силой, формировавшей лёссы, нужно считать водные потоки.

Лёссовые обрывы часто образуют отвесные стены со столбчатой отдельностью. Подобные явления не служат признаком эоловых отложений. Отлагающиеся и в настоящее время на морском побережье или же по берегам рек Хуанхэ и Янцзы глинистые пески также образуют отвесные стены со столбчатой отдельностью. Приведем некоторые примеры. Стена г. Фэньян в провинции Шаньси сооружена на террасе, возвышающейся над уровнем р. Фэньхэ на 90 м. За западными воротами города песчаные отложения образуют отвесные стены, расчленяющиеся на столбчатые образования, подобно тому, что мы находим у типичных лёссов. Отложения в этом районе мы можем сопоставить с теми, что имеются у г. Люлихэ, расположенного к юго-западу от Пекина. Покровный слой здесь представлен мелко-

зернистым песком мощностью около двух метров. Здесь мы встречаем остатки древней культуры. Под этим слоем залегают отложения лёссовидных глинистых песков, в которых встречаются мелкие известковые конкреции и ряд тонких конгломератовых прослоев (больше всего кремня черного цвета). Это также типичные речные отложения (фиг. 4).

Подобное расчленение незоловых отложений на колонновидные образования возникло в результате того, что поверхностные воды, просачиваясь через эти отложения вертикально вниз, образовывали глубокие вертикальные промоины. Кроме того, наблюдая рельеф данной местности, мы видим, что лёссовые уступы дальше к западу — по направлению к горам, становятся выше и можно считать, что они непосредственно смыкаются с лёссовыми террасами на северо-западе. Поэтому вероятно, что отложения глинистого песка у ворот Фэньяна представляют собой неразрушенную коррозией часть нижнего отдела лёссовых отложений. Вместе с тем, на отрезке шоссе от Фэньяна до Сяняна, примерно в девяти километрах к западу от города, холмы прорезаются глубокой долиной, по склонам которой выходят лёссовые отложения и конгломераты. Далее к западу, в долине реки у Сяняна выходят отложения красноземов и конгломератов. Таким образом, как особенности рельефа, так и распространения названных отложений могут свидетельствовать о том, что глинисто-песчаные отложения у Фэньяна, вероятно, являются средним или нижним отделом лёссовых отложений. Отсюда можно сделать два вывода: 1) коль скоро отложения у Фэньяна и лёссы являются идентичными отложениями, то лёссы без сомнения представляют собой речные отложения и вследствие выветривания речные отложения также могут принимать форму отвесных стен с расчленением на столбчатые образования; 2) если эти отложения и не являются типичными лёссами, то во всяком случае представляют со-



Фиг. 5. Разрез в районе горной долины Гаоцзяшань:

1 — лёсс; 2 — красноцветные отложения.

бой вторичные лёссы, но опять же породы речного происхождения. Это свидетельствует о том, что не только эоловые отложения образуют отвесные стены и столбчатую отдельность.

Наличие эоловых отложений, занимающих такую большую площадь и обладающих значительной мощностью, по Рихтгофену, говорит о том, что климат в то время был сухим и холодным. В то же самое время в этих условиях с трудом могли бы существовать животные и растения. Однако факты говорят нам о том, что в то время подобного климата быть не могло, так как в этих районах существовали разнообразные животные влажного климата, о чем свидетельствуют найденные остатки носорогов, слонов, лошадей, оленей, кабанов и пр.

Таким образом, как с точки зрения геоморфологии, так и с точки зрения условий залегания, литологических свойств и палеонтологических данных, мы не можем считать, что северо-китайские лёссы представляют собой чисто эоловые образования.

Слои глин красного цвета имеют очень сложное строение, особенно в районе Западной Шэньси. Здесь выходы этих отложений встречаются повсеместно. По дороге от Фэньяна до Линьсяна и Синсяна во многих речных долинах можно получить прекрасные стратиграфические разрезы. Здесь под отложениями лёсса видны ясные слои красноземов, не затронутые эрозией. В некоторых местах они имеют мощность всего лишь около 9 м, а в других местах достигают наибольшей мощности 90 м. Однако картина эта меняется по берегам главных речных долин. Так, например, русла рек Цюхэ и Бэйчунхэ, опустившиеся на 20—50 м, создали условия для отложения лёссового слоя на высоте до середины склонов долины. Поэтому здесь образовались чрезвычайно ясные стратиграфические разрезы. Но и в таких прекрасных условиях мы не видим не только базального конгломерата на красноземах, но очень редко видим выходы и самих красноземов. Это наводит на мысль о том, что до образования лёссов здесь, по берегам основной долины, имела место сравнительно сильная эрозия, которая и уничтожила здесь красноземы, а лёссы отложились уже на нижележащих слоях. Для того, чтобы найти красноземы, необходимо искать их по притокам. Уже недалеко от главной долины мы начинаем встречать их следы. Чем дальше продвигаться в горный район, тем красноземные отложения становятся мощнее и в верхних долин мы можем увидеть базальный конгломерат красного цвета. В Западной Шэньси автор встретил несколько характерных выходов красноцветных отложений: 1) у Сяняна, лежащего к северо-западу от Фэньяна, 2) у Хаоцзыяня, расположенного северо-западнее Шидау, 3) у Туаньшуйтоу, находящегося к юго-востоку от Линьсяна, у Гоцзягоу и Гаоцзяшань, а также у Дуцзягоу, Янцзягоу и Танцзягоу.

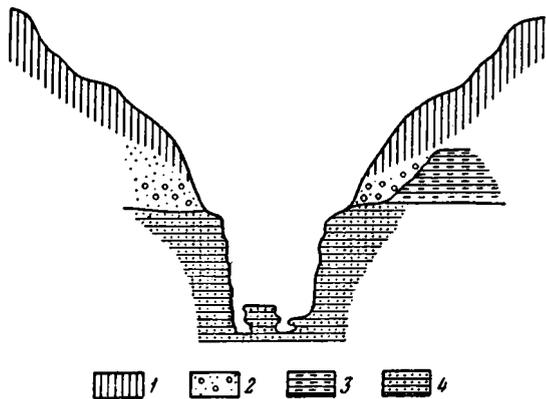
1. В речной долине у Сяняна красноземы сохранились достаточно хорошо. По всей долине имеется много выходов отложений бурого, темно-красного и серовато-черного цветов. Во многих местах они уже уплотнились и превратились в слои, в которых заметна складчатость. Здесь много конгломератов, которые сцементированы иногда достаточно прочно. Встречаются отдельные известковые конкреции. Очень часто здесь можно видеть тонкослоистый известняк мощностью до одного метра.

2. В районе Хаоцзыяня, расположенном сравнительно далеко от гор, выходы красноцветов представлены преимущественно верхней частью, имеющей большую мощность. Отложения светло-красного цвета, имеющие большую плотность, образуют здесь холмы. Это также является одной из особенностей красноцветов. Углекислый кальций в них представлен также очень богато: помимо конкреций здесь имеются тонкослоистые известняки.

3. Красноцветные отложения у Гоцзягоу, расположенного к востоку от г. Линьсяна, можно сравнить с отложениями у Хаоцзыня. Мощность этих красноземов так же велика; в них так же много конкреций; они образуют холмы, а покрывающие их лёссы имеют незначительную мощность. Благодаря большой глинистости почвы, куски пород, перемещающиеся под действием воды, скатываются во множество шаров, к поверхности которых прилипают гальки, в результате чего образуется конгломерат из шарового галечника. Это также является характерной особенностью красных глин, тогда как у лёссов это явление наблюдается чрезвычайно редко. В районе д. Гаоцзяшань, на западном склоне горы Ханьгаошань, к востоку от города Линьсян между лёссовыми холмами образовались своеобразные узкие долины, по склонам которых выходят красноземы. В этих красноземах имеется большое количество конкреций прослоев конгломератов, а также много прослоев глин и красного песчаника. Так как здесь близко находятся выходы известняка (кембрий), то гальки конгломератов часто полностью состоят из известняка, а сам галечник крепко сцементирован углекислым кальцием. Известковые конкреции также очень часто переходят в тонкослоистые известняки. Кроме того, в зоне соприкосновения

лёссов и красноземов имеется переходный слой, обычно светлого оттенка; известковые конкреции в нем встречаются редко. По-видимому, это базальный слой лёссовых отложений. Также весьма вероятно, что это часть верхнего отдела красноцветных отложений. Но не являются ли эти слои светло-красными отложениями? Точно установить это очень трудно. Все же, в горной долине Гаоцзяшань был обнаружен лёсс, непосредственно покрывающий краснозем. Граница между ними обозначена очень четко (фиг. 5). Наличие глубокого ущелья в среднем течении у д. Гаоцзяшань свидетельствует о том, что между лёссом и красноземом отсутствует переходный слой. Не является ли это следствием обвала лёссов на красноземы? Установить это также очень трудно. В юго-восточной части Цзыцзиньшаня по всей ущелеобразной долине на протяжении 10—20 км по линии Танцзягоу — Янцзягоу — Туцзягоу имеются выходы лёссов, красноземов и коренных пород (триас), образующих идеальные разрезы. Лёссовые отложения, мощность которых превышает здесь 100 м, образуют Лёссовое плато, а размытая часть нижележащих красноземов часто обнажается в цоколе террас. Имеется ложно-согласный контакт между этими двумя типами отложений (фиг. 6, 7).

Интенсивный процесс выветривания последнего времени привел к образованию ущелий глубиной до 90 м в переслаивающихся триасовых песчаниках и сланцах, подстилающих красноземы. Поэтому лёсс и красно-



Фиг. 6. Ущелье в районе Туцзягоу — Янцзягоу, образовавшееся после отложения лёсса.

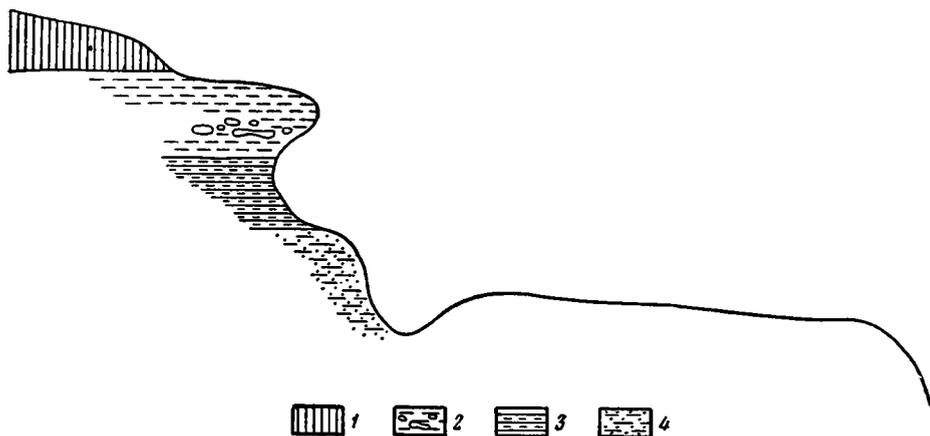
1 — лёссовый слой; 2 — основной конгломерат, большей частью представленный конкрециями из красноцветных отложений; 3 — красноцветные отложения (размытые); 4 — триасовые отложения.

образованию ущелий глубиной до 90 м в переслаивающихся триасовых песчаниках и сланцах, подстилающих красноземы. Поэтому лёсс и красно-

земы и находятся на середине склонов. Благодаря близости Цзыцзиньшаня в красноземных отложениях в этом районе часто встречается и серо-желтый песчаник. Здесь также явно выражены явления, свойственные речным отложениям. В этом районе также найдено много фауны.

Вышеприведенные факты свидетельствуют о том, что красноземные отложения и здесь являются речными, а не эоловыми образованиями.

Подводя итоги вышесказанному, можно заключить, что главной причиной образования четвертичных отложений Северного Китая (аллювиальные породы, лёссовые отложения, красноземы) являлась текущая вода. Поэтому несомненно, что все описанные отложения являются водными.



Фиг. 7. Разрез у Туцзягоу (западный берег речной долины).

1 — лёсс; 2 — красноцветные отложения (15 м) с остатками носорога; 3 — серозем (15 м); 4 — красный песчаник (20 м).

Автор хочет дополнить все вышесказанное еще некоторым фактическим материалом. Хотя на отрезке Пекин — Тяньцзинь по болотистым берегам реки Юндинхэ совсем недавно образовались эоловые дюны, однако это еще не может говорить о том, что речной песок здесь превратился в отложения чисто эолового типа. То же можно сказать и о песчаных перемещенных отложениях берегов рек Сангань и Янхэ. Пески пустынь Монголии и Синьцзяна также вряд ли целиком образованы при участии ветра; скорее они были перемещены им в современных условиях сухого климата и отсутствия атмосферных осадков.

При изменениях климата в сторону его континентальности и сухости, безусловно, имеется возможность превращения речных песков в эоловые образования. Однако, если климат изменится, станет влажным и дождливым, то под воздействием водных потоков из эоловых отложений снова будут формироваться речные отложения. В случае движений земной коры также могут произойти изменения в режиме накопления осадков. Таким образом, чисто эоловые отложения должны встречаться достаточно редко и поэтому лёссы северных областей Китая не принадлежат к эоловым образованиям. По концепции Рихтгофена, исходный материал лёссов был перенесен по воздуху ветром из отдаленных от Китая мест. Мы не согласны с этим положением Рихтгофена.

С нашей точки зрения, такие холодные зоны, как, например, Сибирь, в ледниковый период, когда поверхность земли была скована морозом, не могли дать большого количества пыли. Могли ли, с точки зрения современного распространения четвертичных отложений, в холодных континентальных зонах, подобно Сибири, образоваться столь мощные толщи желтого достаточно окисленного песчаника?

Могло ли произойти так легко окисление этой породы впоследствии? Вместе с тем, еще не доказано, что в лёссовых районах Северного Китая в период накопления лёссов не выпадало осадков в виде дождя. А если были дожди, то могли ли легкие и рыхлые пески оставаться на прежнем месте? Имеющиеся палеонтологические материалы свидетельствуют о довольно теплом климате в то время, когда отлагались лёссы, и об отсутствии снега. Лёссы Северного Китая, как это следует из вышеизложенного, не могли быть образованы лишь силой ветра. Однако все сказанное — результат исследований только некоторых районов страны и поэтому является лишь предварительным заключением. Материалы эти публикуются как предварительные. Надеемся, что товарищи, занимающиеся изучением четвертичных отложений Китая, представят в дальнейшем свои многочисленные замечания по изложенному материалу, в целях совместного обсуждения сложного, интересного и важного вопроса о происхождении лёссов.

---

ЯН ЧЖУН-ЦЗЯНЬ, СУНЬ МЭН-ЛИНЬ

НОВЫЕ НАХОДКИ ИСКОПАЕМЫХ СТРАУСОВ В КИТАЕ  
И ИХ СТРАТИГРАФИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ

В лёссе и красноземе (красный лёсс), широко распространенных в Северном Китае, ископаемых очень мало. Встречаются обычно лишь *Siphneus*, *Helix* и другие моллюски. Известны также находки ископаемых страусов, представленные главным образом их яйцами и реже обломками частей скелетов (например, в пещерах Синантропа в Чжоукоутяне, в Шаньдиндуне).

По Андерсону, к 1923 году мы имели 18 местонахождений и 44 зарегистрированных яйца ископаемых страусов (Anderson, 1919, 1923).

В 1931 г. Ловэ (Lowe, 1931), систематически изучая эти яйца, назвал страуса, которому они принадлежали, страусом Андерсона (*Struthio andersoni*). К этому времени число найденных яиц возросло до 54 штук и увеличилось число их местонахождений. Вслед за этим Ян Чжун-цзень (Joung, 1933) сообщил о нескольких новых находках остатков страусов. Позже в стране было найдено еще много пунктов захоронения яиц. В настоящее время зарегистрировано не меньше 71 целого яйца из 31 местонахождения (фиг. 1).

За последние годы сделано пять новых находок страусовых яиц.

1. Провинция Хэбе, Синтан, с. Сива. Яйцо было найдено Шан Цзыцэном, который подарил его Академии наук КНР. Этот образец очень хорошо сохранился, не имеет ни одной трещины или надлома, в связи с чем нет возможности измерить толщину скорлупы. Поверхность яйца гладкая и не содержит примеси цемента. Цвет желтый, поэтому можно сделать предположение, что оно находилось в лёссе.

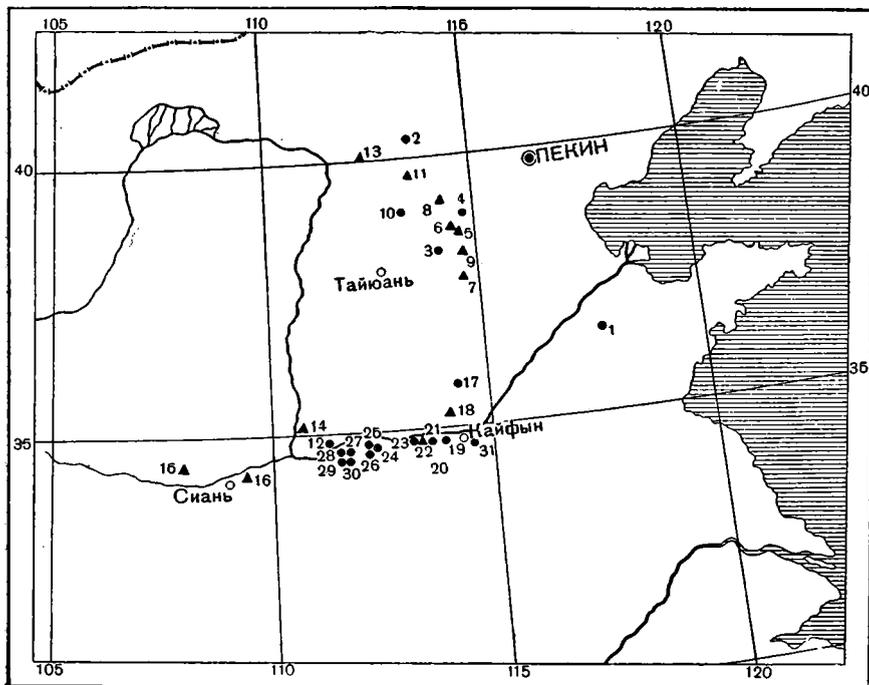
2. Провинция Шаньси, Нинцзу. Образец доставлен Ван Цзэ-й из Комитета по Управлению культурой провинции Шаньси. Конкретное местонахождение его не установлено. Поверхность яйца покрыта красным цементным материалом, в связи с чем можно предположить, что яйцо находилось в красноземе. На одном конце яйца обнаружен надлом в виде треугольника длиной 5 см. Длина яйца 193 мм, что совпадает с длиной яйца, описанного Ян Чжун-цзеном из провинции Хэбе, Синтан, с. Ченцзуан. Эти два яйца считаются пока самыми большими яйцами страусов Андерсона.

3. Провинция Шэньси, Линтон. По данным Управления культурой провинции Шэньси, яйцо страуса было найдено в р. Линтонпа во время половодья. Поэтому настоящее местонахождение и условия залегания его неизвестны.

4. Провинция Шаньси, Ченсен, Ляншапфанюань, с. Санламнин, в 13 км северо-западнее селения. Местный житель тов. Ян-син, выкапывающая яму, обнаружил в лёссе три яйца, которые лежали горизонтально,

образуя треугольник. Поверхность самого целого яйца очень гладкая, светло-желтого цвета, один конец обломан. Сообщение об этой находке опубликовано в «Известиях Палеонтологического общества Китая», № 8 за 1955 год.

5. Провинция Хэбе около г. Шитяцзуян. Найдено яйцо страуса, один конец которого обломлен и имеет сильно разрушенную поверхность, одна сторона его шероховата. Толщина скорлупы 2 мм. Точное местонахождение не установлено.



Фиг. 1. Обзорная карта местонахождений ископаемых страусовых яиц в Китае (кружками обозначены находки одиночных яиц, треугольниками — находки свыше 2-х яиц; цифры отражают хронологическую последовательность находок)

Все вышеописанные яйца, кроме яйца из Линтона, по размеру и толщине скорлупы очень схожи с яйцами страуса Андерсона, поэтому они и определены нами как яйца, принадлежащие страусу этого вида. Лишь очень небольшая часть зарегистрированных остатков ископаемых страусов хранится в стране. Много яиц имеется в зарубежных музеях и у коллекционеров. Эти факты говорят о том, что количество яиц страусов в Китае гораздо обильнее, чем нам сейчас известно, тем более, что везде в лёссе и в красноземле встречаются их обломки. Поэтому не будет преувеличением считать, что яйца страуса Андерсона являются руководящими ископаемыми для лёссов Китая.

Из 31 местонахождения яиц страусов 11 местонахождений содержали свыше двух яиц, местами даже 4 яйца (провинции Шандунь, Чусян). Этот факт свидетельствует о том, что эти местонахождения яиц находятся *in situ*, т. е. яйца не испытали переноса. На самом деле вес этих яиц в свежем виде составляет около 1500 г. Такие крупные и тяжелые яйца не могли бы сохраниться даже при переносе на близкое расстояние.

Нахождение стольких целых яиц страусов в лёссах явно противоречит идее о водном происхождении последних. Интересным фактом является то обстоятельство, что до сих пор все найденные яйца страусов приурочены исключительно к районам распространения лёссов. Находок остатков ископаемых страусов не обнаружено в тех местах, где отсутствуют лёссы, например, южнее г. Цинина, где отлагался аллювий (дельта р. Хобэй).

Очевидно, бóльшая часть Северного Китая была районом, благоприятным для существования страуса: здесь был сухой климат, сходный с климатом пустыни Сахары, дули сильные ветры.

Происхождение и распространение страусов в Китае до сих пор еще не вполне ясно. По Ловэ, самым древним страусом, существовавшим здесь, был страус Вимана (*Struthio wimani*). Остатки его (тазовая кость) найдены в провинции Шаньси, Баодэ, с. Дайдяоу среди плиоценовых отложений. К этому же виду Ловэ относит обломки яиц страусов, найденный в провинции Шаньси, Нинсян, с. Паунтауцую (Лос 34). Характерной чертой строения яиц является большая толщина скорлупы (2,6 мм) (целых яиц не найдено). Ловэ и Андерсон предположительно считали, что отложения, среди которых найдены эти остатки, относятся к понту или являются более древними. По нашим данным здесь развиты красноземы (нижний плейстоцен), а не верхний плиоцен, и яйца Лос 34 скорее принадлежат страусу Андерсона. Толщина скорлупы (2,6 мм) несколько велика для этого вида, но все же вполне допустима.

Яйца страуса, найденные на территории Монголии, в районе Улангаули, Ловэ отнес к новому виду, так называемому страусу Монголии (*Struthio mongolicus*). Целых яиц страуса Монголии тоже не было найдено. Характерные особенности обломков: скорлупа тоньше (1,9 мм) и размер яйца тоже меньше. По времени они относятся к среднему плиоцену.

В Чжоукоудяне, в пещерах Синантропа, Шандиндоне также были найдены обломки яиц страуса и отдельные части скелета. Это говорит о том, что страусы существовали в районе, расположенном около Пекина, на его востоке и на северо-востоке еще до появления человека.

Таким образом, факты стратиграфического распространения ископаемых яиц страуса свидетельствуют о том, что в плейстоцене существовал только один вид страуса — страус Андерсона. В среднем плиоцене существовал страус Монголии, а в нижнем плиоцене — страус Вимана.

Таким образом, страусы жили в Северном Китае около 10 млн. лет, начиная с плиоцена до времени образования позднейших лёссовых пород. Мы считаем возможным допустить, что страусы переселились в Азию из другого континента, возможно из Африки. Это предположение не противоречит данным о распространении ископаемых страусов в плиоцене и плейстоцене. Как возникновение страуса, так и его исчезновение обусловлено климатическими условиями. Расцвет существования страуса, наверное, относится к периоду отложения лёсса и предшествующему ему периоду отложения краснозема, так как большая часть находок относится именно к этим отложениям. Типичный лёсс образовался в условиях сухого климата и сильных ветров, пересевавших пески и разносивших пыль. Подстилаяющая лёссы толща краснозема (красный лёсс) тоже образовалась, по-видимому, в сходных климатических условиях.

Мы надеемся, что новые находки остатков ископаемых страусов в Китае несомненно помогут дальнейшему развитию вопроса об их стратиграфическом значении.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

- A n d e r s o n J. G. Dragon — Hunting in China. Far Eastern Review. Nov. 1919, 1923.
- A n d e r s o n J. G. Essays on the Cenozoic of Northern China. Mem. Geol. Surv. China, Ser. A, No 3, 1923.
- E a s t m a n C. R. On remains of *Struthiolithus chersonensis* from Northern China. Bull. Mus. Comp. Zool. Harvard College, vol 32, No 7, 1898.
- L o w e P. R. Struthions Remains from Northern China and Mongolia; with descriptions of *Struthio wimani*, *Struthio andersoni* and *Struthio mongolians*. spp. nov.; Pal. Sin. C, VI, 4, 1—47, 1931.
- Y o u n g C. C. On the New Find of Fossil Eggs of *Struthio andersoni* Lowe in North China, with Remarks on the Egg Remains Found in Shansi, Shensi and in Choukoutien. Bull. Geol. Soc., China, vol. XII, No 2, 145—152, 1933.
-

## СО Д Е Р Ж А Н И Е

Предисловие . . . . .	5
А. Х. И в а н о в. Владимир Афанасьевич Обручев (Краткий очерк жизни и деятельности) . . . . .	9
<u>В. А. Обручев.</u> Лёсс Северного Китая . . . . .	18
В. Н. П а в л и н о в. Некоторые данные о генезисе китайских лёссов . . . . .	54
А. С. К е с ь. К вопросу о происхождении лёссовой толщи Северного Китая . . . . .	80
Ч ж а н Ц з у н - х у. О генезисе и процессе образования лёссов района Лундун в Северо-Западном Китае . . . . .	100
Я н Ц з е. Генезис лёссовых отложений Северного Китая . . . . .	113
Я н Ч ж у н - ц з я н ь, С у н ь М э н - л и н ь. Новые находки ископаемых страусов в Китае и их стратиграфическое значение . . . . .	124

西

### 内 容

序言 . . . . .	5
安. 赫. 伊萬諾夫: 弗拉季米爾. 阿芬納斯耶維奇. 奧布魯契夫 (生平和科學活動簡述) . . . . .	9
弗. 阿. 奧布魯契夫: 中國北方的黃土 . . . . .	18
瓦. 尼. 帕夫林諾夫: 關於中國黃土成因的一些資料 . . . . .	54
阿. 謝. 凱斯: 關於中國北方黃土層的生成問題 . . . . .	80
張宗祜: 中國西北隴東地區黃土的成因及其形成過程 . . . . .	100
楊傑: 中國北方黃土沉積的成因 . . . . .	113
楊鐘健, 孫夢麟: 中國駝鳥化石的新發現及其地層意義 . . . . .	124

## Лёссы Северного Китая

### Труды Комиссии по изучению четвертичного периода, XIV

\*

*Утверждено к печати Комиссией по изучению четвертичного периода  
Академии наук СССР*

\*

Редактор издательства Н. Б. Мельникова. Технический редактор П. С. Нашина

\*

РИСО АН СССР № 86-36В. Сдано в набор 25/XII 1958 г. Подписано к печати 9/V 1959 г.  
Формат 70×108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Печ. л. 8 + 1 вкл. Уч.-издат. л. 10,3. Усл. печ. л. 10,96  
Тираж 1500 экз. Т-04833. Изд. № 3340. Тип. зак. 1256  
Цена 7 руб. 25 коп.

Издательство Академии наук СССР. Москва Б-62, Подсосенский пер., 21  
2-я типография Издательства АН СССР. Москва Г-99, Шубинский пер., 10

### О П Е Ч А Т К И И И С П Р А В Л Е Н И Я

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть
89 93	Подпись под фиг. 3 27 стр.	лѣссовая терраса облегчающее	лѣссовая толща облегающее

Тр. Комиссии по изуч. четверт. периода, т. XIV