

А. А. ЛАЗАРЕНКО

**ЛИТОЛОГИЯ
АЛЛЮВИЯ РАВНИННЫХ РЕК
ГУМИДНОЙ ЗОНЫ**

(НА ПРИМЕРЕ ДНЕПРА,
ДЕСНЫ И ОКИ)



ACADEMY OF SCIENCES OF THE USSR

GEOLOGICAL INSTITUTE

A. A. LAZARENKO

ALLUVIUM
LITHOLOGY OF PLAIN RIVERS
IN THE HUMID ZONE

(DNIEPER, DESNA AND OKA)

Transactions, vol. 120

PUBLISHING OFFICE «NAUKA»

Moscow 1964

А. А. ЛАЗАРЕНКО

ЛИТОЛОГИЯ
АЛЛЮВИЯ РАВНИННЫХ РЕК
ГУМИДНОЙ ЗОНЫ

(НА ПРИМЕРЕ ДНЕПРА, ДЕСНЫ И ОКИ)

Труды, вып. 120

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

академик *А. В. ПЕЙВЕ* (главный редактор),
К. И. КУЗНЕЦОВА, В. В. МЕННЕР, П. П. ТИМОФЕЕВ

Ответственный редактор

Е. В. ШАНЦЕР

EDITORIAL BOARD:

Academician *A. V. PEIVE* (Chief Editor), *K. I. KUZNETZOVA,*
V. V. MENNER, P. P. TIMOFEEV

Responsible Editor

E. V. SHANTZER

ВВЕДЕНИЕ

Значение изучения аллювия в теоретическом и практическом отношении трудно переоценить. Аллювий является одним из важнейших генетических типов континентальных отложений и широко распространен во всех геологических системах. Исключительно важное значение имеют аллювиальные отложения для народного хозяйства особенно при современном гидростроительстве. Наконец, с аллювием связаны многие месторождения полезных ископаемых россыпного типа (золото, платина, алмазы и др.).

Аллювию посвящено много исследований. Из них наиболее важное теоретическое значение имеют работы Ю. А. Билибина (1938), Е. В. Шанцера (1951), Н. И. Николаева (1947), В. В. Ламакина (1947, 1948), Г. И. Горецкого (1947) и др. Однако, несмотря на то, что к настоящему времени общие закономерности строения и формирования аллювия хорошо выяснены, о его литологических особенностях известно гораздо меньше. В этом отношении наиболее изучены текстуры аллювиальных отложений (Шанцер, 1951; Аллювиальные отложения..., 1954; Ботвинкина, 1962; Полянин, 1953; Лаврушин, 1961, 1962 и др.). Некоторые исследования посвящены распределению минералов в аллювии (Авдусин, 1939, 1956; Батурич, 1934, 1947; Рухин, 1947; Полянин, 1951, 1953; Виталь и Ратеев, 1959; Russel, 1936, 1937; Edelman, 1938; Burri, 1929; Rittenhouse, 1944, и др.), а также особенности его гранулометрического состава (Рухин, 1947; Полянин, 1951, 1953; Шамоу, 1949; Лунев, 1960; Russel a. Taylor, 1937; Dake, 1918; Isidoro, 1960, и др.). Изучение аллювиальных россыпей имеет также узкое, специальное направление.

Из современных отложений наиболее изучены субаквальные, преимущественно морские осадки. Литологические и, в частности, литолого-фациальные особенности аллювия выяснены пока несравненно меньше. Однако в последнее время появились работы, затрагивающие некоторые стороны литолого-фациальной характеристики аллювия (Полянин, 1951, 1953; Громова, 1952_{1, 2}; Набиев, 1955; Радусев и Кобилев, 1958; Коцеруба, 1959; Рясина, 1961). По-видимому, усилиями целого ряда исследователей отмеченный пробел будет вскоре значительно восполнен.

Настоящая работа выполнялась автором в 1958—1960 гг. на кафедре петрографии Харьковского университета и в 1960—1963 гг. — в Геологическом институте Академии наук СССР. Главная ее цель заключалась в выявлении закономерностей изменения вещественного состава по главным фациям аллювия, особенностей дифференциации аллювиальных осадков и их раннего диагенеза. При этом имелось в виду, что систематическое накопление материала по отдельным генетическим типам отложений необходимо для разработки общей теории континентального осадочного процесса, без которой невозможно успешное

решение научно-практических задач, связанных с исследованием современных и древних континентальных отложений. Поскольку литологическое изучение аллювия находится еще в начальной стадии, на первый план сейчас выступают вопросы общего характера. Только на этой основе можно будет по-новому подойти к изучению практических аспектов геологии аллювия. В этом отношении настоящая работа, как надеется ее автор, может сослужить пользу как одно из первых всесторонних литолого-фациальных исследований аллювия.

Первоначально работа преследовала цель изучить новейшие осадки поймы Среднего Днепра. Однако в дальнейшем ее пришлось расширить и привлечь для сравнения еще дополнительный материал по фациям пойм Десны и Оки. В итоге исследованы различные типы аллювия крупных рек средней полосы Восточно-Европейской равнины, отличающихся некоторыми существенными чертами гидрологического режима и, в первую очередь, степенью мутности паводковых вод, высотой паводков, степенью расчлененности рельефа водосборов и др. Первый тип — аллювий Днепра с резким преобладанием русловых песчаных фаций и сильно редуцированным покровом собственно пойменных отложений. Причиной этого является своеобразие главных источников питания аллювия Днепра (сильное влияние песчаных низин Полесья) и как следствие очень малая мутность воды. Второй тип — аллювий Десны — можно охарактеризовать как нормальный тип аллювия с достаточным развитием как русловых, так и собственно пойменных фаций. В целом последние значительно более тонкие и тяжелые по механическому составу, чем аналогичные осадки Днепра. Аллювий Оки; отнесенный к третьему типу, отличается еще более сильно развитым покровом тонких пойменных осадков.

Более подробная характеристика жидкого и твердого стока изученных рек будет дана в дальнейшем при рассмотрении источников питания их аллювия. Учитывая трудоемкость литологической обработки материала, автору пришлось сознательно сузить затрагиваемые вопросы, а также ограничиться выборочным, наиболее типичным материалом. Все же изученное количество образцов (1400) оказалось достаточным для установления литолого-фациальных различий отмеченных типов аллювия, а также наиболее существенных черт их сходства. Ниже дана краткая характеристика районов исследования.

Аллювий Среднего Днепра изучался в пределах следующих трех участков:

1. Правобережный массив поймы у с. Днепрово-Каменка, что в 20 км выше г. Верхнеднепровска. Этот район будет в ближайшем времени затоплен водами Днепродзержинского водохранилища.

2. Зона Кременчугского водохранилища, ныне затопленная. Здесь сделано четыре пересечения поймы Днепра на расстоянии 50 км одно от другого (у сел Старо-Липовое, Боровица, у г. Черкассы и пристани Тубельцы).

3. Район Канева, где сделано поперечное пересечение поймы по створу будущей плотины гидроузла, строительство которого начнется в скором времени.

В связи с небольшой высотой паводков на Среднем Днестре и рыхлым песчаным характером отложений береговые уступы поймы невысоки (обычно 2,5—3 м) и, как правило, сильно осыпаны. Установить соотношения фаций в таких обнажениях трудно. Поэтому на Днестре изучались преимущественно самые новейшие осадки, находящиеся еще в стадии формирования. Они вскрыты закопушами и шурфами (до 1,5—2 м), обычно проходившими всю толщу пойменного аллювия. Установление фациальной принадлежности этих осадков очень облегчалось современными геоморфологическими условиями поймы. Неко-

торое количество образцов взято из русла и стариц, а также из естественных обнажений в береговых обрывах.

Аллювий Десны изучался в пределах левобережного массива поймы у г. Чернигова. Здесь высота (в среднем 4,5—5 м) и степень обнаженности береговых уступов больше, чем на Днестре. Это позволяло наряду с изучением осадков в шурфах, которые, кстати, обычно не вскрывали всю толщу пойменного аллювия, изучать их также и в обнажениях береговых обрывов посредством небольших расчисток.

Общий характер аллювия Оки в районе г. Спасска-Рязанского освещен в монографии Е. В. Шанцера (1951). В ней подробно описаны разрезы пойменных и старичных отложений, вскрываемых русловым подмывом (обычно до высоты 6,5—7 м). Мною здесь исследован значительный по величине массив левобережной поймы. Основное внимание было обращено на изучение новейших осадков из стариц и русла, а также пойменных осадков, вскрытых шурфами в пределах различных по строению сегментов поймы. Кроме того, изучены осадки и из естественных обнажений, в том числе из разрезов, описанных ранее Е. В. Шанцером.

В результате изучения осадков Днестра, Десны и Оки выяснилось, что, несмотря на существенные их различия, они могут быть объединены в сходные фации, понимая под термином «фация» парагенетическую совокупность осадков, возникающих в сходной физико-географической обстановке и при определенном ведущем процессе осадконакопления.

Вопросы фациального расчленения аллювия затрагивались во многих работах (Мордвинов, 1932; Плюснин, 1938; Горецкий, 1947; Шанцер, 1951; Маккавеев, 1955, и др.). Все же до сих пор не выработано достаточно выдержанной классификации. Наиболее разработанной является схема Е. В. Шанцера, однако ее четкий генетический принцип нарушен в отношении пойменных осадков. Эти последние объединяются по существу в литологические фации, название которых повторяется к тому же для различных обстановок.

В настоящей работе в основу выделения фаций положена схема Е. В. Шанцера (1951) с некоторыми изменениями и дополнениями. При этом пришлось отказаться от слишком дробного фациального расчленения осадков и оставить только те характерные фации, для которых можно точно определить ведущий процесс седиментации и которые можно достаточно уверенно диагностировать по целому ряду признаков. Весь комплекс аллювия расчленен на три крупные макрофации (группы фаций): русловую, пойменную и старичную. Отдельно стоят фации аллювия смешанного характера.

В группе русловых осадков выделены три фации: 1) пристрежневая, 2) русловых отмелей и 3) боковых протоков. Отмеченные фации формируются при различном режиме турбулентного водного потока. В полосе стрежня этот режим неустойчив: в паводок здесь преобладает эрозия осадков, в межень — их аккумуляция. В зоне русловой отмели наблюдается достаточно устойчивый характер поперечной циркуляции потока, постоянно выносящего к намываемому берегу новые порции песчаных наносов. Е. В. Шанцер (1951) считает характерным для этой фации господство «дюнной» формы волочения донных наносов в виде закономерно построенных песчаных волн. В боковых мелких протоках, где скорости течения замедлены вследствие меньшей глубины потока и шероховатости его ложа, масштаб циркуляции значительно меньше по сравнению с главными руслами. Поэтому осадки здесь слабо дифференцированы.

Отмеченные три главные русловые фации можно расчленить еще на большое количество субфаций и микрофаций. Однако это оправды-

вается только в отношении тех из них, которые четко диагностируются в ископаемом состоянии и помогают выявить важные детали строения аллювиальных толщ. Поэтому число таких дробных подразделений сокращено в работе до пяти (табл. 1). Обоснование выделения и подробная характеристика субфаций аллювия будут даны во второй главе.

Таблица 1

Схема фациального расчленения современного аллювия Днепра, Десны и Оки

Макрофации	Фации	Субфации и некоторые микрофации
Русловая	Пристрелжевая	Субфация плёсов. Микрофация заиленных плёсов
		Перекаатов
	Русловых отмелей	Заиленных русловых отмелей
	Боковых проток	Заиленных боковых проток
Пойменная	Прирусловых валов	Наложенных прирусловых валов
	Приречной поймы	—
	Внутренней поймы	—
Старичная	Центральных частей крупных стариц	Ранней озерной стадии стариц
		Зрелой озерной стадии стариц
	Небольших стариц и краевых частей крупных стариц	То же
Осадки смешанного характера	Вторичных водоемов поймы	—
	Пойменных болотных почв и торфяников	Торфяников Болотных почв
	Аллювиально-пролювиальные осадки	—

Пойменные осадки характеризуются чрезвычайной пестротой литологического состава в зависимости от геоморфологических условий их залегания. Их рационально объединить в следующие три крупные фации согласно ведущему характеру седиментации: 1) прирусловых валов, 2) приречной поймы, 3) внутренней поймы.

Прирусловые валы сложены хорошо отсортированными, относительно крупными песчаными осадками. Последние отлагаются на пойме в непосредственной близости от русла, из которого они выносятся во влекомом по дну состоянии в половодье. При спаде половодья поверхность прирусловых валов покрывается маломощной коркой более тонкого алевроитового материала.

Для фации приречной поймы присущи значительно более тонкие осадки, переносимые разливами полых вод преимущественно во взвешенном состоянии и отлагающиеся при спаде вод. Отличительной особенностью этих осадков является их сезонно-ритмичная слоистость,

обусловленная чередованием прослоев различного гранулометрического состава.

Осадки внутренней поймы характеризуются резко замедленным темпом седиментации, в результате чего они настолько сильно переработаны процессами почвообразования, что первичный характер их слоистости сильно замаскирован или полностью отсутствует. Обычно осадки представлены хорошо выраженными профилями почв лугового типа.

Старичные осадки подразделены на две фации: 1) небольших стариц и краевых частей крупных стариц и 2) центральных частей крупных стариц. Эти фации существенно отличаются друг от друга по текстурным признакам и гранулометрическому составу.

Среди осадков смешанного характера выделены три фации: 1) вторичных водоемов поймы, 2) пойменных болотных почв и торфяников, 3) аллювиально-пролювиальных отложений поймы.

Осадки вторичных водоемов можно рассматривать вслед за Е. В. Шанцером (1951) как своеобразную фацию пойменного аллювия, принципиально отличную в смысле генезиса и условий залегания от старичного аллювия. Однако по составу отложения вторичных водоемов поймы и небольших стариц практически неотличимы.

Пойменные торфяники и болотные почвы возникают преимущественно за счет автохтонного процесса накопления органического материала.

Наличие аллювиально-пролювиальных осадков принципиально возможно во многих пойменных обстановках, особенно притеррасных. Они приобретают большой масштаб на Днестре в районе Канева, где со склонов коренного берега выносятся обильный материал из коренных пород, главным образом из лёссовидных суглинков. Этот материал в значительной степени ассимилируется пойменными разливами, но все же морфологически (большие плоские веера выноса) и особенно по составу (карбонатность) явно отличается от типичных осадков поймы.

Вышеприведенная краткая характеристика выделенных фаций лишь в первом приближении намечает их главные особенности. Более обстоятельно об этом сказано в работе Е. В. Шанцера (1951).

Изученные типы аллювия отличаются различным соотношением фаций. Так, Средний Днестр является рекой типично фурационного типа, с широким распространением небольших боковых протоков. Эти протоки, отшнуровываясь от главных русел, дают начало небольшим мелким старицам. Крупные старицы отсутствуют. Десна и Ока в пределах изученных районов сильно меандрируют. Боковых протоков здесь нет, а старицы, в отличие от Среднего Днестра, представляют собой крупные глубокие водоемы. Наконец, следует отметить то, что характер мутности рек также накладывает своеобразный отпечаток на фации аллювия. Сравнительно большая мутность вод Оки в межень приводит к сильному заилению плёсов, не говоря уже о русловых отмелях. В гораздо меньшей степени это явление наблюдается на Десне и особенно на Днестре.

Глава I

КРАТКИЙ ОБЗОР МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Полевые наблюдения. Во время полевых работ 1958—1962 гг. было изучено 480 выработок, в том числе 230 шурфов и закопш, специально заложенных автором в пределах наиболее характерных геоморфологических элементов поймы, где фациальная природа осадков обычно не вызывала сомнений. Закопуши проходились в среднем до глубины 1,0—1,3 м. В тех случаях, когда фациальные взаимоотношения с залегающими ниже осадками были менее ясны или толща пойменного аллювия была очень большой, выработки углублялись до 2,0—2,3 м.

Обнажения описывались самым детальным образом. Помимо обычных наблюдений над условиями залегания и общим характером отложений, их составом, текстурами, органическими остатками и минеральными новообразованиями, повсеместно производились массовые замеры косо́й слоистости. На двух взаимно-перпендикулярных стенках расчисток горным компасом измерялись видимые элементы залегания слоев и границ серий. Затем с помощью конформной секки Вульфа устанавливались их истинные углы и азимуты падения. В итоге для различных фаций статистически фиксировались возможные и преобладающие углы падения слоистости и их взаимоотношение с направлением современных водотоков.

Все без исключения выработки документировались подробными зарисовками в масштабе 1 : 10 и фотоснимками. Чаще изображались две стенки расчисток — параллельно и перпендикулярно направлению русла (когда рисунок текстур на них существенно отличался). Отдельные детали слоистости фиксировались в крупном масштабе. Кроме обычных образцов часто брались монолиты.

Осадки глубоких плёсовых ложбин, стариц и вторичных водоемов отбирались с лодки шупом собственной конструкции в виде металлического конуса высотой 20 см и диаметром основания 10 см. Сверху конус закрывается выступающей двустворчатой крышкой, препятствующей вымыванию из него осадка при подъеме. Посредством переходной муфты конус соединяется со штангами ручного геологического бура.

Отобранные конусом-шупом образцы представляют собой средние пробы поверхностных донных осадков до глубины 10—15 см.

В некоторых старицах кроме поверхностного опробывания брались и колонки илов до 0,8—1,3 м. Для этой цели применялась труба собственной конструкции из нержавеющей стали, состоящая из отдельных свинчивающихся отрезков по 20 см длины и небольшой коронки на конце трубы. Внутренний диаметр трубы — 45 мм, общая длина —

1,6 м. В верхней части ее имеется несколько клапанов для выхода воздуха. С помощью переходной муфты труба также соединяется с буровыми штангами.

Определение рН и Eh осадков. Еще при работе в полевых условиях автором определялись на массовом материале физико-химические показатели осадков—окислительно-восстановительный потенциал (Eh) и характер активной реакции (рН). Измерения производились на ламповых потенциометрах ЛП-5 и ЛП-58, переделанных на батарейный режим питания. Цепь накала ламп (6 v) питалась от автомобильного аккумулятора, цепь анода — от последовательно соединенных сухих батарей с выходным напряжением до 150 v. Для измерения рН применялись стеклянные электроды. Величина Eh определялась с помощью платиновых электродов, выполненных в виде гладких пластинок размером 1,0×0,5 см, и проволоки диаметром 0,5 мм и длиной 2,5—3 см. В некоторых случаях употреблялись напыленные платинированные электроды, изготовленные по методу М. С. Захарьевского (Захарьевский и Василенко, 1959).

В отношении методики подготовки материала к определению рН и Eh до сих пор еще нет единого мнения. Некоторые литологи измеряли рН и Eh в водных вытяжках из пород (Султанов, 1947; Мустафаев, 1947). Водные и кислотные вытяжки широко практикуются для этой цели почвоведомы. Все же большинство исследователей сходятся на том, что наиболее правильные результаты получаются при измерении рН и Eh в достаточно густых водных суспензиях (Гантимуров, 1940; Сердобольский, 1940; Иткина, 1952; Пустовалов и Соколова, 1957, и др.). Обычно навеска растертой породы насыщается водой до состояния, близкого к капиллярной влагоемкости. Е. С. Иткина получала устойчивые значения Eh пород при разбавлении их водой в отношении 1:0,5, что составляло примерно 70% от полной влагоемкости пород. Некоторые авторы (Volk, 1939; П. А. Крюков, 1947) рекомендуют измерять Eh в атмосфере азота, другие (Иткина, 1952) — в атмосфере N₂ или CO₂.

Разумеется, методы определения рН и Eh, применяемые для осадочных пород, должны быть существенно изменены в отношении современных осадков, находящихся в стадии формирования. При этом важно выяснить реальные физико-химические условия образования осадков, а также их раннего диагенеза. Такие данные получены в большом количестве при изучении осадков морей (ZoBell, 1946; Emery a. Rittenberg, 1952; Бруевич, 1937, 1938, и др.), лиманов (Савич, 1950), пресноводных озер (Кузнецов, 1935, и др.). Аллювиальные осадки с этой точки зрения совершенно не изучались ранее, не считая отдельных исследований рН и Eh пойменных почв почвоведомы. Поэтому ниже придется подробнее остановиться на вопросе методики измерения рН и Eh применительно к аллювиальным осадкам.

Непременным условием определения Eh субаквальных осадков является быстрота производства измерений — не позднее 2—3 часов после взятия образцов. Недостаточно изолированные от воздуха образцы быстро окисляются. С другой стороны, при длительном хранении (5-6 часов и более) хорошо изолированного материала в нем наблюдается значительное понижение Eh, вызываемое деятельностью анаэробных бактерий. При этом через 0,5—1,5 суток величина Eh может понизиться на 100—150 mv по сравнению с исходной. Вероятно, некоторые чрезвычайно низкие (до —500 mv) значения Eh, определенные К. Зобеллом (ZoBell, 1946) в осадках Калифорнийского залива, отчасти объясняются тем, что этот автор перед определением Eh некоторое время выдерживал образцы осадков, разбавленные водой, в герметично закрытых банках.

Учитывая вышесказанное, измерения E_h субаквальных осадков в полевой обстановке проводились нами сразу же после отбора образцов. Последние помещались в плотно закрытые стеклянные трубки диаметром 2,5 см и длиной 15 см. При измерении E_h трубка с образцом открывалась, и в нее быстро вставлялись заранее подготовленные платиновый электрод и конец агар-агарового мостика, плотно заключенные в пробку по диаметру трубки. Подготовка платиновых электродов к работе осуществлялась в полевой лаборатории по методу, описанному Н. Фольком (Volk, 1939): электроды очищались сначала подогретой хромовой смесью, потом дистиллированной водой, спиртом, обжигались слегка в спиртовом пламени и затем вторично промывались водой. Непосредственно перед погружением в образец электроды вытирались чистой фильтровальной бумагой. Периодически производилась проверка электродов по буферному раствору, содержащему $1/300$ моля $K_4Fe(CN)_6$, $1/300$ моля $K_3Fe(CN)_6$ и $1/10$ моля KCl (отсчет по шкале прибора должен равняться 180—185 mv в зависимости от температуры — без приведения к водородному электроду). Установление потенциала происходило обычно в течение 1—1,5 часа. Окончательный отсчет брался тогда, когда изменение потенциала не превышало 1—2 mv за 5 минут. Обычно в работе применялось пять-шесть электродов, часто с одновременным дублированием одной и той же пробы (в двух трубках). Отклонение результатов в среднем не превышало 10—15 mv . Полученные по шкале прибора значения (E) приводились к нормальному водородному электроду по формуле: $E_h = E + K$, где K — потенциал каломельного полуэлемента ($K = 246$ mv при 18° С).

При измерении рН тонких илов стеклянный электрод непосредственно вводился в образец вместе с концом агар-агарового мостика. Окончательный отсчет брался через 5—6 минут. При работе с более грубыми осадками для предотвращения поломки электрода приходилось принимать меры предосторожности. Обычно шарик электрода помещался возле самой поверхности образца, и материал последнего наносился на него тонким слоем с помощью кисточки. Перед началом и в конце работы стеклянный электрод калибровался по трем буферным растворам. Особенно пригодными для работы в полевых условиях оказались буферы из 0,05-молярного раствора буры в смеси с 0,2-молярным раствором борной кислоты (рН от 7,09 до 9,11).

Существенно иначе обстояло дело с измерением E_h и рН субаэральных осадков, обычно мало увлажненных. Мною экспериментально установлено, что хорошие результаты могут быть получены при измерении E_h непосредственно на обнажениях. Методика работы была следующей. Платиновые электроды в виде проволоки или напыленного типа осторожно вводились в стенку разреза на глубину 4—7 см. В среднюю часть стенки втыкался конец агар-агарового мостика, соединявшегося электролитическим контактом с каломельным электродом. Обычно потенциал устанавливался через 30—40 минут или даже раньше. Материал для определения рН отбирался в стеклянные трубки и увлажнялся деаэрированной кипячением (2—2,5 часа) дистиллированной водой до состояния густой пасты (~70—80% от полной влагоемкости). Измерение рН этих суспензий производилось обычным способом в полевой лаборатории. рН грубых осадков измерялся в отстоях водных суспензий. Иногда образцы песка растирались в фарфоровой ступке и насыщались водой до состояния густой пасты. В последнем случае величина рН оказывалась несколько ниже, чем при измерении в отстоях суспензий.

Определение гранулометрического состава осадков. Гранулометрические анализы алевритово-глинистых осадков

производились в лабораториях Геологического института АН СССР, ВНИГНИ и Украинского отделения Гидропроекта. Всего выполнено около 500 анализов по методам Робинсона, Сабанина и АзНИИ. Сделано также 400 ситовых анализов песков. Обычно применялись сита с десятичной шкалой от 10,0 до 0,10 мм. Для изучения гранулометрических вариаций минерального состава и других специальных целей пески рассеивались на ситах Усманского завода.

При изучении гранулометрического состава древних аллювиальных отложений, а также осадков современных водоемов обычно применяется десятичная шкала размерных фракций, в которой границами между грубообломочными, песчаными, алевритовыми и пелитовыми (глинистыми) частями считаются следующие интервалы: 1,0—0,1—0,01 мм. Гранулометрический состав современных аллювиальных осадков исследуется преимущественно для нужд гидротехнического строительства и почвоведения. Классификация этих осадков производится по другой, эмпирической шкале размерных фракций, где границы песчаных частиц составляют обычно от 2,0 до 0,05 мм, а алевритовых — от 0,05 до 0,005 мм, причем для обозначения осадков (грунтов) смешанного состава применяются термины: «суглинки» и «супеси».

Учитывая специфику изучения четвертичных континентальных отложений, в том числе и аллювиальных, и прочность терминов, применяемых для их характеристики, автору пришлось в настоящей работе сохранить в ряде случаев термины «супеси» и «суглинки», особенно при описании конкретных осадков в главе II. В целях более полной характеристики осадков для них по данным гранулометрических анализов и последующего построения кумулятивных кривых вычислялись средний диаметр частиц (Md) и коэффициент их сортировки (S_o). Эти гранулометрические показатели были вычислены для 730 образцов. Как считает Н. М. Страхов (1954, стр. 26), величины Md и S_o являются достаточной характеристикой терригенных осадков, позволяющей ясно судить об их петрографических типах; в то же время знание Md позволяет легко перейти к другим широко распространенным терминам: алевритам ($Md=0,1—0,01$ мм) и пелитам ($Md<0,01$ мм)¹. Толкование величины S_o допускает некоторую условность. Так, П. Д. Траск (Task, 1932) считает, что осадки хорошо отсортированы при $S_o<2,5$ и плохо отсортированы при $S_o>4,5$. Н. М. Страхов (1954, стр. 26) несколько понижает эти цифры, указывая для хорошо сортированных осадков $S_o=1,1—1,5$, для средне сортированных $S_o=2—3,5$, а для плохо сортированных $S_o>4$.

Оптические методы исследования. Важное место в работе занимали оптические методы исследования минерального состава осадков, особенно в иммерсионных препаратах. Выполнено около 400 анализов тяжелых ($d>2,85—2,90$) и столько же легких фракций. В каждом препарате подсчитывалось не менее 450—500 зерен. Одновременно зарисовывались наиболее характерные минералы и точно измерялись их показатели преломления. Номера плагиоклазов определялись на массовом материале по диаграмме В. Б. Татарского (1956). При изучении минеральных новообразований в шлифах (80 образцов) автор пользовался консультациями Н. В. Ренгартен и В. Н. Разумовой.

Изучение глинистых минералов. Глинистые минералы исследовались во фракции <1 м (75 образцов), выделявшейся отстаиванием в батарейных стаканах и в немногих случаях — путем электрофореза (Логвиненко и Лазаренко, 1962₂). Для удаления органики глинистая фракция обрабатывалась 30%-ной H_2O_2 в течение 2—3 недель.

¹ В настоящей работе при определении типа осадка учитывалось прежде всего содержание преобладающей ($>50\%$) фракции, а затем уже величина Md .

В дальнейшем глинистые минералы изучались комплексом современных методов.

С целью ориентировочного определения состава глинистых фракций производилось массовое окрашивание их по методу Н. Е. Веденеевой и М. Ф. Викуловой (1952). В качестве красителей использовались метиленовой голубой (+KCl), солянокислый бензидин, хризоидин и метил-виолет. Другим предварительным методом было измерение показателей преломления ориентированных агрегатов в иммерсии (65 образцов). Спектрофотометрирование глинистых суспензий делалось в очень ограниченном количестве, так как в последнее время выяснены существенные недостатки этого метода (Кульчицкий, 1962).

Термические анализы (75 образцов) произведены в лаборатории ГИН АН СССР А. Н. Обшивневым и на кафедре петрографии Харьковского университета автором. Кривые нагревания регистрировались до 1000—1150°С платино-платинородиевыми термопарами на установках типа ТВУ-5. Скорость нагрева составляла в среднем 10°С в минуту, величина навески — 0,25—0,3 г. В качестве эталонов использовались Al₂O₃ и обожженная глина изучаемого состава. В некоторых случаях вместе с дифференциальными кривыми нагревания параллельно фиксировались на торсионных весах кривые потери веса (навеска 0,08—0,12 г).

Электронно-микроскопические снимки (60 образцов) произведены А. Е. Раутборт на установках ЭМ-7 и ЭМ-3 в лаборатории ГИН АН СССР. Первичное увеличение составляло 5 тыс. Используемая в работе суспензия материала наносилась на сетки патрончиков «напылением» с помощью ультразвукового генератора УЗДВ-2. В качестве источника колебаний обычно применялась пластинка из титаната бария с частотами колебаний 200 кГц. Выходная мощность генератора — 100 вт. Время «напыления» — 0,5—1 мин.

Точная рентгенографическая диагностика минеральных фаз во фракции <1 μ (16 образцов) производилась на установке УРС-55 в лаборатории ГИН АН СССР под руководством В. А. Дрица. Образцы снимались столбиком, а также в природно-ориентированном, прокалено (500°С)-ориентированном виде и с насыщением глицерином. Для съемки применялись: фильтрованное излучение, кобальтовый анод и камера диаметром 57,3 мм. Экспозиция — 3 часа.

Определение щелочей (45 образцов), а также Al₂O₃, TiO₂, SiO₂, Fe₂O₃ и кварца (9 образцов) в глинистой фракции сделано в химической лаборатории ГИН АН СССР.

Химические анализы осадков. Химические анализы осадков производились в лаборатории ГИН АН СССР под руководством Э. С. Залманзон. 71 образец анализирован на формы железа по методу Н. М. Страхова и Э. С. Залманзон (1955). Для восьми проб конкреций и вмещающих их осадков сделан полный силикатный анализ. Определение карбонатности осадков по СО₂ производилось в большинстве случаев (185 образцов) по инструкции, разработанной в ВИМСе в 1961 г. Этот метод основан на том, что реакция выделения углекислоты проводится в закрытом сосуде. В этот сосуд помещается пробирка с раствором щелочи (0,5—0,25 N) для поглощения СО₂. Результат вычисляется по избытку щелочи, оттитровываемой соляной кислотой. Некоторое количество определений СО₂ (80 образцов) произведено весовым методом на приборах Кноппа — Фрезениуса. Для определения органического углерода (C_{орг}) в осадках их навески, предварительно освобожденные от карбонатов, сжигались в токе кислорода и анализировались затем на приборе Вюрца — Штралейна. Всего таким путем автором с помощью А. А. Лагутина было сделано более 500 анализов.

Спектральный анализ. Качественный спектральный анализ осадков (150 образцов) выполнен автором на кафедре минералогии Харьковского университета. Для съемок использовался кварцевый спектрограф ИСП-28. Анализируемые пробы растирались в порошок и помещались в канал длиной 6 мм и диаметром 4 мм, высверленный в нижнем угольном электроде. Сила тока в начале испарения (15—20 секунд) составляла 3—4 а, а в дальнейшем — 10 а. Экспозиция — 1 минута.

Полуколичественные спектральные определения малых элементов (200 образцов) сделаны в Центральной химической лаборатории Управления центральных районов Государственного геологического комитета.

Всем лицам, способствовавшим выполнению настоящей работы, автор выражает глубокую благодарность.

Глава II

ГРАНУЛОМЕТРИЯ, ТЕКСТУРЫ И ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ОСАДКОВ ГЛАВНЫХ ФАЦИЙ АЛЛЮВИЯ

1. РУСЛОВАЯ МАКРОФАЦИЯ

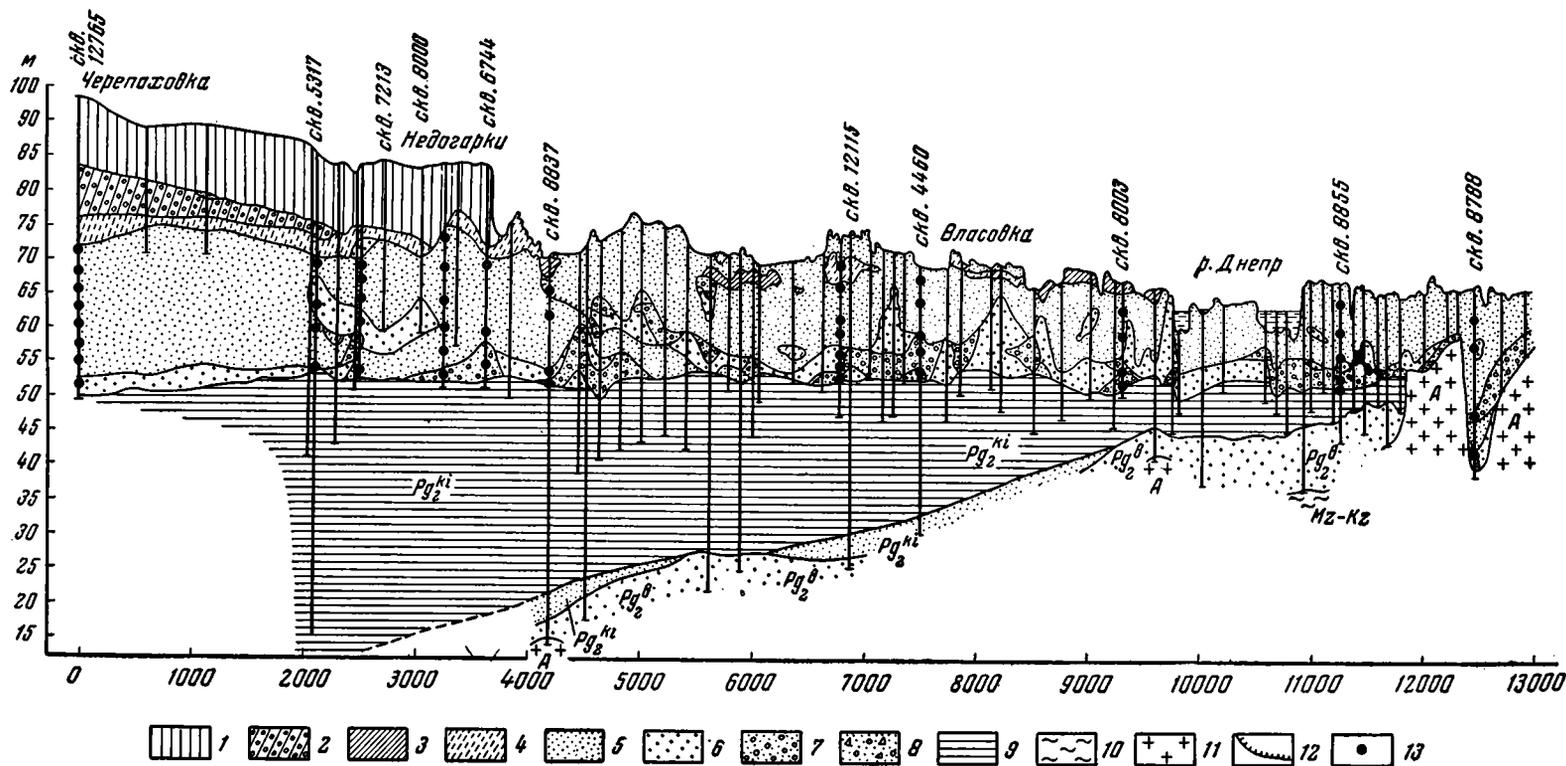
Пристрейневая фация

Осадки пристрейневой фации русла круглый год находятся под водой. Об особенностях их структур и вещественного состава можно судить по данным бурения, вскрывающего постель современного аллювия. Такие данные в большом количестве имеются по Днепру. К сожалению, для изучавшихся районов на Десне и Оке они отсутствуют.

Многочисленные скважины по створам Каневского, Кременчугского и Днепродзержинского гидроузлов обнаруживают довольно сходное строение аллювия поймы Днепра. В подошве аллювия залегают разнозернистые кварцевые пески мощностью до 3—5 м, содержащие гравий, гальку и валунчики (до 10—15 см в поперечнике). В составе песков обычно преобладает фракция 0,5—0,25 мм (среднезернистые пески). Валунно-галечные обломки, изученные по скважинам Кременчугского гидроузла, представлены серыми и розовыми гранитами (37,3%), песчаниками (28,0%), жильным кварцем (6,1%), пегматитами (5,6%), мергелями (3,3%), эффузивными породами (3,3%), гнейсами и мигматитами (2,8%), лампрофирами и другими темными жильными породами (2,8%), кремнями (1,9%), габбро и другими основными породами (1,9%), известняками (1,4%), кварцитами (1,4%), слюдястыми сланцами (1,4%), микроклином и ортоклазом (1,4%) и др. В целом изверженные породы составляют 52,3% общего количества обломков, осадочные — 34,6%, минералы — 7,5% и метаморфические породы — 5,6%.

Степень окатанности обломков в среднем невелика. Обычно преобладают угловато-окатанные разности, средний балл окатанности которых составляет 2,0—2,5 (по Рухину, 1961). Наиболее окатаны обломки кремней (3,25), мергелей (2,7), основных изверженных пород (2,7). Обломки пегматитов (1,6), розовых (1,75) и серых (1,97) гранитов, а также зерна полевых шпатов (1,7) резко выделяются своей плохой окатанностью. Среди гранитов и пегматитов часто встречаются разности местных коренных пород. То же можно отметить и в отношении мергелей киевского яруса (Pg₃₂), подстилающих аллювий Днепра в районе Кременчуга и выше по течению.

Кроме обломков пород и минералов, в нижней толще аллювия часто встречаются окремнелая древесина, обломки раковин: *Viviparus viviparus* (L.), *Dreissena polymorpha* (Pallas), *Sphaerium* (*Sphaeriastrum*)



Фиг. 1. Геолого-литологический профиль по створу плотины Кременчугского гидроузла (составлен Е. Н. Былинским и А. А. Лазаренко с использованием материалов Укргидропроекта, 1956):

1 — лёсс и лёссовидные суглинки; 2 — валунные суглинки (морена); 3 — суглинки; 4 — супеси; 5 — песок мелкозернистый; 6 — песок среднезернистый и крупнозернистый; 7 — песок разнозернистый с галькой и валунами; 8 — песок разнозернистый с галькой и щебнем; 9 — глина киевского яруса; 10 — каолины (элювий докембрийских пород); 11 — кристаллические породы (граниты, гнейсы); 12 — предполагаемая граница боровой и высокой террас; 13 — места взятия образцов

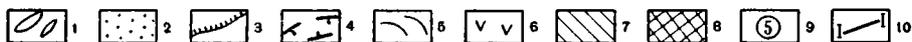
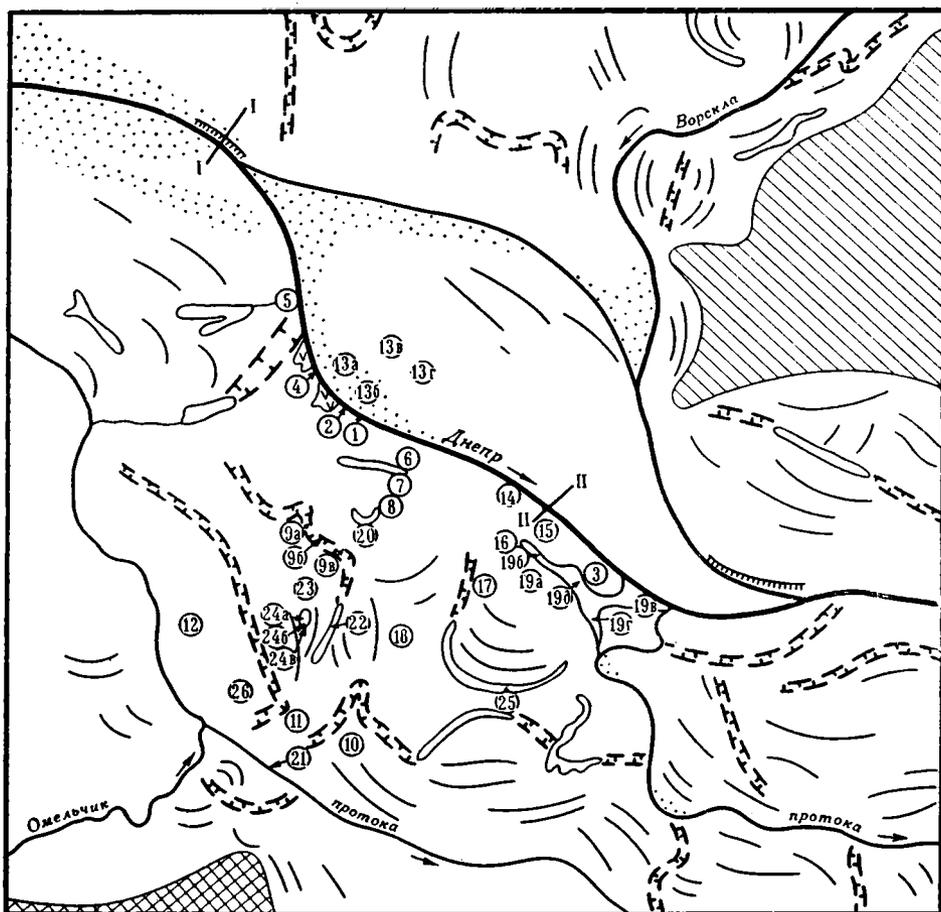


Рис. 2. Схема геоморфологического расчленения поймы Днепра в районе Днепрово-Каменки (близ г. Верхнеднепровска):

1 — меженные русла рек и водоемы поймы; 2 — современные русловые отмели; 3 — участки интенсивно подмываемого берега; 4 — старичные ложбины, выраженные в рельефе; 5 — простираение пойменных грив; 6 — участки развития наложенных прирусловых валов; 7 — надпойменная терраса Днепра; 8 — коренное плато; 9 — местоположения и номера точек наблюдения; 10 — поперечные пересечения русла Днепра

rivicola Lamarck, *Unio pictorum* (L.), *Anodonta* sp. и других пресноводных моллюсков¹, ядра и обломки раковин третичных и более древних морских моллюсков, рыбы позвонки, зубы акул. Наиболее грубые разности описываемых осадков подошвы аллювия локализуются в виде отдельных линз шириной до 100—200 м (см. фиг. 1). Эти линзы, по-видимому, отложены наиболее сильными струями стрежневого потока во время его максимальной гидродинамической активности.

Сходное строение аллювия описано Б. В. Пясковским (1933) для поймы Нижнего Днепра в районе Конских, Бузулукских плавней и несколько ниже. Интересны данные этого автора о том, что вниз по течению реки величина обломков пород в аллювии уменьшается, и среди

¹ Все определения современной малакофауны, приводимые в данной работе, сделаны при консультации Т. М. Микулиной.

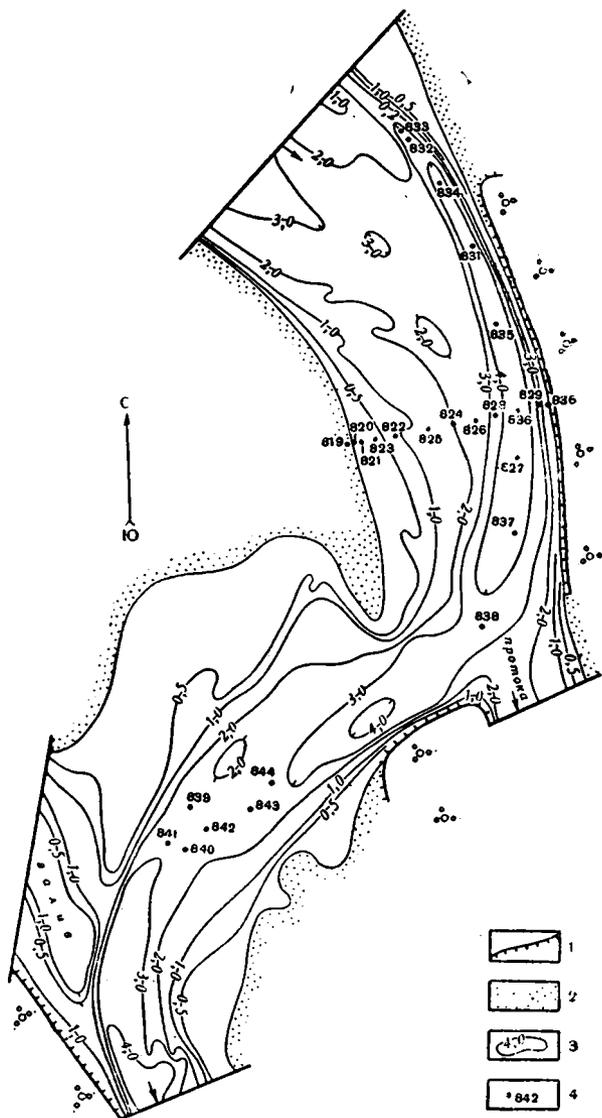
них все большую роль играют местные известняковые породы за счет кристаллических пород (гранитов) и кварца.

Вышеописанные погребенные стрежневые осадки Днепра, залегающие в основании аллювиальной толщи, не могут быть точно увязаны с конкретным гидрологическим режимом отложившегося их водотока, да и фациальная природа их далеко не ясна. С этой точки зрения гораздо более интересными представляются поверхностные осадки современного русла, отобранные на перекатах, плёсах, отмелях, т. е. в нынешних, не вызывающих сомнения фациальных условиях. На Днепре автором широко использовались последние планы с рельефом речного дна, снятые изыскательскими русловыми партиями № 12, 7 и 4. К сожалению, планов русловых съемок Десны и Оки нет. Поэтому сделанные здесь станции меньше увязаны с окружающим рельефом дна.

Наиболее полно охарактеризованы пробами русловые осадки Днепра в районе Днепрово-Каменки. Здесь в начале августа 1961 г. были сделаны два поперечных и два продольных пересечения плёсовых ложбин, кроме того, отобраны осадки с двух перекатов (фиг. 2, 3 и 4).

Осадки субфаций переката и плёса заметно отличаются по своему составу, как это видно из табл. 2 и 3.

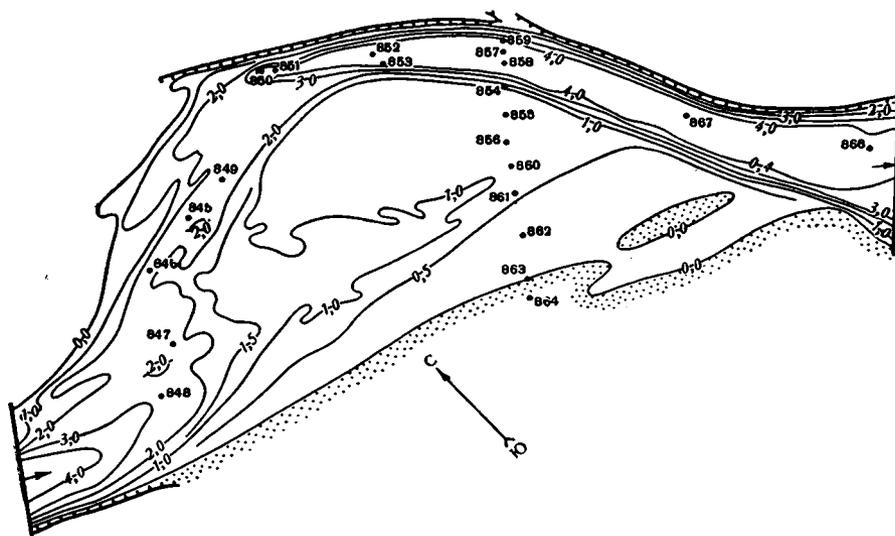
Перекаты сложены обычно среднезернистыми желтовато-серыми песками, повсеместно содержащими примесь гравия до 3—10% и редко — гальки. Характерно наличие раковинного детрита. Иногда пески приобретают характер разномернистых с преобладанием все же среднезернистой фракции 0,5—0,25 мм. В целом различные пробы осадков мало отличаются друг от друга: Md обычно равен 0,33—0,38 мм, а $So=1,25—1,48$.



Фиг. 3. Участок русла Днепра в районе Днепрово-Каменки у переката «Лисковатый-1» (к табл. 2).

1 — участки подмываемого берега; 2 — современные русловые отмели; 3 — изобаты; 4 — номера станций

В пределах плёсовых ложбин наблюдаются наиболее разнородные по составу осадки. Здесь можно видеть целую гамму переходов от хорошо отмытых серых разнозернистых песков с $Md = 0,51$ мм и $S_o = 1,51$ (обр. 852, табл. 3) до темно-серых с зеленоватым оттенком мелкозернистых заиленных песков с $Md = 0,13—0,15$ мм и $S_o = 1,27$ (обр. 832, 833, табл. 2). Последние следует выделить в особую микрофазию заиленного плёса, правда, на Днепре недостаточно ярко выраженную.



Фиг. 4. Участок русла Днепра в районе Днепрово-Каменки у переката «Лисковатый-II» (к табл. 3). Условные знаки см. на фиг. 3

В связи с этим можно отметить два обстоятельства: во-первых, наиболее заиленными в межень оказываются самые глубокие плёсы, где, по-видимому турбулентность потока у дна резко затухает; во-вторых, заиление плёсовых ложбин начинается и максимально проявляется в их верховых частях, в которых структура турбулентного стрежневого потока резко изменяется, а скорости течения падают. Второе замечание, видимо, особенно справедливо в отношении неглубоких плёсов (см. фиг. 2).

Следующий участок отбора русловых проб (район Боровицы), расположенный в 150 км выше по течению Днепра, показан на фиг. 5. Здесь в начале августа 1959 г. сделано два пересечения поперек плёса и переката. Данные о гранулометрическом составе изученных осадков приведены в табл. 4. В целом характер осадков различных фаций остается прежним, однако есть и существенные отличия. Так, наиболее крупные и менее сортированные пески обнаружены на перекате ($Md = 0,42—0,52$ мм, $S_o = 1,38—1,49$). Примесь гравия в них достигает 11 10% (обр. 422). Осадки плёса более мелкие, но незаиленные. Исключение представляет материал на склоне подмываемого берега (обр. 396). Этот берег сложен в значительной степени мелкоземистым пойменным аллювием, большие массы которого постоянно обваливаются в реку и не успевают быстро ассимилироваться межженным потоком. Поэтому обогащение осадков илстыми частицами имеет здесь вторичный характер.

В районе Канева, расположенного в 130 км вверх по течению реки от села Боровица, осадки Днепра отличаются несколько более крупно-

Таблица 2

Гранулометрический состав поверхностных русловых осадков Днепра в районе Днепрово-Каменки (у переката «Лисковатый-1»)
(содержание фракций, %)

Пересечение	Фациальная обстановка	Глубина, м	№ образца	Осадок	Размеры фракций, мм						
					>3,0	3,0—2,0	2,0—1,0	1,0—0,5	0,5—0,25	0,25—0,10	<0,10
Поперек русла через плёс	Русловая отмель	+0,1	819	Песок с/з, желтовато-серый, на берегу	—	—	—	0,70	55,28	42,56	1,46
		0,0	820	То же, в полосе прибоя	—	—	0,30	2,88	80,94	15,46	0,42
		0,3	821	То же, из русла	—	—	—	1,28	50,22	46,92	1,58
		0,5	823	То же	—	—	0,22	1,36	54,50	43,62	0,30
		1,0	822	» »	—	—	—	1,90	64,70	32,58	0,82
		1,8	825	» »	—	0,44	2,14	10,04	71,18	15,92	0,28
		2,1	824	» »	1,14	0,26	2,38	14,80	71,00	10,38	0,04
		2,6	826	» »	1,22	0,64	2,82	19,06	68,16	8,00	0,10
	Плёс	3,6	828	Песок с/з, желтовато-серый	1,16	0,92	2,50	14,06	64,42	16,87	0,07
		5,1	836	То же	3,52	2,52	6,44	24,16	54,88	8,40	0,08
	Подмываемый берег — склон плёсовой ложбины	2,3	829	То же	0,68	0,32	2,46	12,34	60,18	23,79	0,23
Вдоль плёса	Плёс заиленный	3,3	833	Песок м/з, темно-серый, заиленный	—	—	—	0,38	4,32	77,58	17,72
		3,5	832	То же	—	—	—	—	2,50	75,88	21,62
		4,5	834	Песок с/з — м/з, темно-серый, заиленный	—	—	1,56	12,42	43,90	34,58	7,54
	Плёс	5,7	831	Песок с/з, буровато-серый	5,46	1,00	0,90	2,64	61,60	27,80	0,60
		5,3	835	То же	0,96	0,80	2,96	10,88	68,70	15,45	0,25
		5,1	836	» »	3,52	2,52	6,44	24,16	54,88	8,40	0,08
		5,5	827	» »	1,22	0,38	4,18	13,42	66,90	13,73	0,17
		4,8	837	» »	—	—	0,88	2,82	65,44	30,70	0,16
4,0	838	» »	0,54	0,10	1,60	10,32	74,94	12,45	0,05		
Перекат	Перекат	2,5	839	Песок р/з, желтовато-серый	1,28	0,94	6,94	21,18	47,62	22,02	0,02
		2,2	840	То же	1,08	0,60	1,80	8,14	49,62	38,50	0,26
		2,5	841	Песок с/з, желтовато-серый	0,84	0,76	3,48	14,60	61,38	18,84	0,10
		2,5	842	То же	0,18	0,32	2,54	12,24	65,00	19,62	0,10
		2,5	843	» »	0,72	0,82	4,08	15,54	60,44	18,35	0,05
		2,8	844	» »	2,28	1,36	6,40	20,60	52,66	16,62	0,08

Примечание. Здесь и далее в таблицах: м/з — мелкозернистый, с/з — среднезернистый, к/з — крупнозернистый, р/з — разнозернистый.

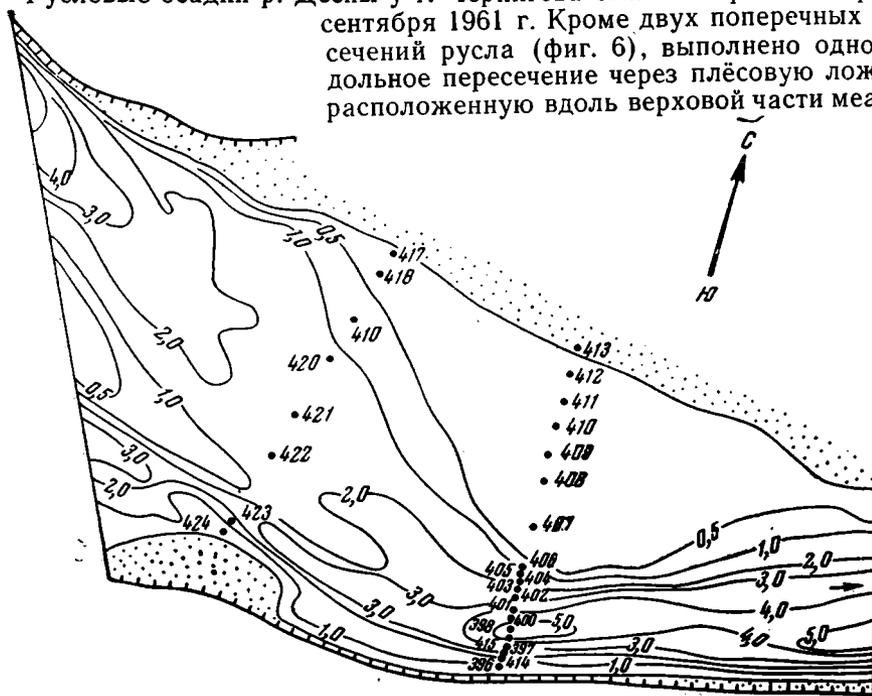
Гранулометрический состав поверхностных русловых осадков Днепра в районе Днепрово-Каменки у переката «Лисковатый-II» (содержание фракций, %)

Пересечение	Фациальная обстановка	Глубина, см	№ образца	Осадок	Размеры фракций, мм							
					>3,0	3,0—2,0	2,0—1,0	1,0—0,5	0,5—0,25	0,25—0,10	<0,10	
Поперек русла через плёс	Русловая отмель	+0,2	864	Песок м/з, желтовато-серый, слегка заиленный, на берегу	—	—	—	—	1,42	93,88	4,70	
		0,0	863	То же, около уреза воды	—	—	—	—	0,40	96,12	3,48	
		0,3	862	Песок м/з, желтовато-серый, из русла	—	—	—	—	7,16	91,92	0,92	
		0,6	861	Песок с/з—м/з, желтовато-серый	—	—	—	2,18	41,70	39,46	16,66	
		0,7	860	Песок м/з, желтовато-серый	—	—	—	—	4,32	85,78	9,90	
		0,7	856	То же	—	—	—	—	4,24	22,18	63,04	10,54
		1,1	855	» »	—	—	—	—	0,30	22,80	74,84	2,06
		1,2	854	Песок м/з, серый, слегка заиленный	—	—	—	—	—	0,70	93,42	5,88
		Плёс слабо заиленный	7,0	858	Песок м/з, серый, слегка заиленный	—	—	—	—	2,62	91,60	5,78
			6,5	857	То же	—	—	—	—	0,08	99,18	0,74
5,5	859		» »	—	—	—	6,42	31,96	59,14	2,48		
Вдоль плёса	Плёс слабо заиленный	4,0	850	Песок с/з — м/з, серый, слегка заиленный	—	—	1,58	7,68	45,00	43,12	2,62	
		4,2	851	Песок м/з, серый, слегка заиленный	—	—	0,86	2,52	26,36	69,08	1,18	
		5,3	852	Песок с/з — к/з, серый	1,98	3,12	12,90	33,46	38,20	10,00	0,34	
		4,5	853	Песок м/з — с/з, серый, заиленный	—	—	—	0,72	31,04	48,84	19,40	
		7,0	858	Песок м/з, серый, слегка заиленный	—	—	—	—	2,62	91,60	5,78	
		6,5	867	Песок м/з, серый	—	—	—	—	2,98	95,98	1,04	
		5,0	866	То же	—	—	—	—	1,58	97,06	1,36	
Вдоль переката	Перекат	2,6	849	Песок р/з, желтовато-серый	2,38	1,60	8,12	20,12	47,42	20,22	0,14	
		2,5	845	Песок с/з, желтовато-серый	2,38	0,32	2,90	12,26	54,88	27,15	0,11	
		2,5	846	То же	—	0,38	3,02	13,40	60,20	22,85	0,15	
		2,5	847	» »	1,32	0,86	3,02	19,22	67,24	8,20	0,14	
		2,6	848	» »	0,90	0,36	3,24	19,26	68,06	8,11	0,07	

зернистым составом и меньшей заиленностью. В целом же их характер остается прежним.

Русловые осадки р. Десны у г. Чернигова были отобраны в середине

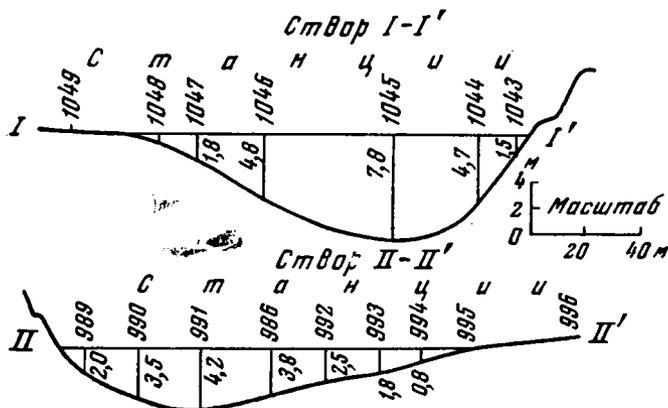
сентября 1961 г. Кроме двух поперечных пересечений русла (фиг. 6), выполнено одно продольное пересечение через плёсовую ложбину, расположенную вдоль верхней части меандра,



Фиг. 5. Участок русла Днепра в районе Боровицы (к табл. 4). Условные знаки см. на фиг. 3

что у самого г. Чернигова, а также отобраны пробы с переката, прилегающего к верхнему концу отмеченного плёса. О гранулометрическом составе русловых осадков Десны можно судить по табл. 5.

По сравнению с аналогичными фациями и субфациями Днепра осадки Десны отличаются явно меньшей крупностью. Так, пески с переката имеют $Md=0,33-0,34$ мм и $S_2=1,24-1,46$ (обр. 997, 999),



Фиг. 6. Поперечные профили через русло р. Десны в районе г. Чернигова (к табл. 5)

Гранулометрический состав поверхностных русловых осадков Днепра в районе Боровицы (содержание фракций, %)

Пересечение	Фациальная обстановка	Глубина, м	№ образца	Осадок	Размеры фракций, мм						
					>3,0	3,0—2,0	2,0—1,0	1,0—0,5	0,5—0,25	0,25—0,10	<0,10
Поперек русла через плёс	Русловая отмель	+0,1	413	Песок м/з, желтовато-серый, на берегу	0,19	0,10	0,70	5,87	33,69	57,58	1,87
		0,4	412	Песок м/з — с/з, желтовато-серый	—	0,09	0,38	9,88	41,75	45,65	2,25
		0,3	411	Песок м/з, желтовато-серый	—	0,01	0,06	2,11	30,59	67,16	0,07
		0,4	410	То же	0,03	0,02	0,11	4,92	32,12	60,22	2,58
		0,4	409	»	—	0,30	0,50	2,50	36,90	57,10	2,70
		0,5	408	Песок с/з, желтовато-серый	—	0,02	0,26	11,42	60,76	27,34	0,20
		0,5	407	То же	0,69	0,20	1,66	30,23	51,46	15,60	0,06
		0,9	406	»	0,23	0,43	1,23	18,47	52,85	26,78	0,01
		1,6	405	Песок с/з — к/з, желтовато-серый	0,57	0,97	3,40	32,48	44,98	17,59	0,01
		1,6	404	То же	0,37	0,16	1,57	34,30	48,91	14,59	0,10
		2,0	403	»	1,86	0,94	4,32	39,84	40,35	12,34	0,35
	2,6	402	Песок с/з, серый	—	0,04	0,26	22,60	59,80	17,20	0,10	
	Плёс	3,8	401	То же	0,10	0,26	1,94	29,34	51,68	16,54	0,14
		4,2	400	Песок с/з — м/з, серый	—	0,06	0,17	7,25	48,63	43,87	0,02
		5,2	398	Песок с/з, серый	—	0,04	1,34	31,13	52,69	14,66	0,14
		4,9	415	То же	0,54	0,24	0,30	6,76	82,80	9,30	0,06
		3,0	397	»	0,62	0,14	1,10	14,30	72,82	10,06	0,96
	Подмываемый берег — склон плёсовой ложбины	1,9	396	Песок м/з — с/з, желтовато-серый, заиленный	0,74	0,12	0,24	2,76	34,66	48,44	12,74
	Поперек русла через пережат	Русловая отмель	0,2	417	Песок м/з, буровато-серый, заиленный	—	—	0,02	1,17	18,25	71,90
0,4			418	Песок м/з, желтовато-серый	0,04	0,04	0,29	8,63	38,22	52,53	0,25
0,9			419	То же	—	—	0,40	0,50	20,10	78,68	0,32
Пережат		1,9	420	Песок с/з — к/з, желтовато-серый	0,35	0,78	2,88	32,21	49,53	14,20	0,05
		1,9	421	То же	3,46	3,75	7,86	36,08	39,10	9,74	0,01
		1,5	422	»	4,73	6,37	5,00	34,40	44,01	5,23	0,26
Русловая отмель		1,5	423	Песок м/з, желтовато-серый	0,19	0,05	0,15	3,87	27,43	63,59	4,72
		0,1	424	Песок с/з — м/з, желтовато-серый, в полосе прибоя	—	0,04	0,27	11,78	46,90	37,71	4,20

Таблица 5

Гранулометрический состав поверхностных русловых осадков Десны в районе Чернигова (содержание фракций, %)

Пересечение	Фациальная обстановка	Расстояние между станциями, м	Глубина, м	№ образца	Осадок	Размеры фракций, мм					
						>2,0	2,0—1,0	1,0—0,5	0,5—0,25	0,25—0,10	<0,10
Поперек русла через плёс	Склон подмываемого берега	15	1,5	1043	Ил крупноалевритовый, темно-серый, с <i>Viviparus viviparus</i> (L.), <i>Sphaerium rivicola</i> Lamarck и др.	—	—	0,16	0,22	32,58	67,04
			Плёс, частично заиленный	35	4,7	1044	Песок с/з, темно-серый, слегка заиленный	—	—	2,98	66,44
	45	7,8		1045	Песок р/з, серый, с крупным гравием и мелкой галькой, слегка заиленный	16,08	1,44	4,90	43,58	30,92	3,08
	25	4,8		1046	Песок с/з, серый, слегка заиленный	—	0,98	7,34	66,46	21,02	4,20
	Русловая отмель	15		1,8	1047	Песок р/з, серый	4,20	12,04	23,06	42,08	17,78
		35	0,3	1048	Песок с/з, серый, слегка заиленный	—	1,00	8,42	64,62	19,30	6,66
		+0,5	1049	Песок с/з, желтовато-серый, слегка заиленный, на берегу	—	—	4,44	69,12	20,34	6,10	
	Поперек русла через плёс	Плёс	20	2,0	989	Песок с/з, серый	—	—	1,38	76,10	22,44
25			3,5	990	То же	—	1,24	7,80	67,52	22,00	1,44
25			4,2	991	» »	—	2,44	6,84	67,56	22,48	0,68
20			3,8	986	Песок м/з, серый	—	—	3,44	33,14	63,18	0,24
Русловая отмель		20	2,5	992	Песок с/з, серый	0,16	1,22	11,44	61,20	23,94	2,04
		15	1,8	993	То же	—	0,44	3,44	69,56	25,56	1,00
		15	0,8	994	Песок м/з — с/з, желтовато-серый	—	—	0,42	48,26	49,60	1,72
		50	0,0	995	Песок м/з, желтовато-серый, в зоне приобья	—	—	—	12,58	83,06	4,36
			+1,0	996	Песок м/з, желтовато-серый, заиленный, на берегу	—	—	—	1,96	88,90	9,14
		Вдоль плёса	Плёс, частично заиленный	500	3,0	982	Песок с/з, серый, из нижней части плёса	0,12	0,54	3,58	77,12
300	3,0			984	То же	—	1,88	3,24	70,46	22,28	2,14
3,5	985			Песок с/з, серый, из средней части плёса	—	0,80	2,10	66,64	28,46	2,00	

Таблица 5 (окончание)

Пересечение	Фациальная обстановка	Расстояние между станциями, м	Глубина, м	№ образца	Осадок	Размеры фракций, мм					
						> 2,0	2,0—1,0	1,0—0,5	0,5—0,25	0,25—0,10	< 0,10
Вдоль плёса	Плёс частично заиленный	300	3,8	986	Песок м/з, серый	—	—	3,44	33,14	63,18	0,24
		400	5,5	987	Песок с/з, серый, из верховой части плёса	—	—	4,06	74,62	20,76	0,56
		370	5,5	988	Песок м/з, зеленовато-серый, слегка заиленный, из самой верховой части плёса	—	—	—	6,10	91,34	2,56
Перекаат	Перекаат	25	2,0	997	Песок с/з, буровато-серый, с массовой раковинного детрита	—	1,54	8,74	66,90	20,62	2,20
		20	1,8	998	То же	—	1,20	3,78	70,40	24,54	0,08
		15	2,0	999	Песок с/з, серый, слегка заиленный	—	0,48	2,98	67,00	25,26	4,28
			2,0	1000	Песок с/з, буровато-серый	—	0,54	7,82	63,60	27,16	0,88

Наиболее крупные отмытые пески с плёсов характеризуются примерно той же размерностью ($Md=0,30—0,33$ мм), однако степень их сортировки изменяется в более широких пределах: от 1,50 для обр. 1045 до 1,19—1,20 для обр. 982 и 988. По сравнению с Днепром плёсовые ложбины (и русловые отмели) Десны более заилены. Здесь же наблюдается и очень слабое заиление перекаата (обр. 999).

Данные о гранулометрическом составе поверхностных русловых осадков Оки приведены в табл. 6. Отбор образцов произведен в начале июля 1962 г. по двум русловым поперечникам в вершинах меандров (фиг. 7 и 55), а также с перекаата, расположенного выше поперечника I—I у с. Троица. Осадки Оки отличаются наибольшим разнообразием. На перекаате преобладают среднезернистые пески с $Md=0,36—0,46$ мм и $S_o=1,18—1,36$, однако встречаются и грубые разномерные пески с $Md=0,56$ мм и $S_o=1,70$ (обр. 1119). Отмытые пески плёсов имеют обычно среднезернистый состав с $Md=0,29—0,36$ мм и $S_o=1,18—1,30$. Большая же часть плёсов оказывается сильно заиленной в межень. Здесь обнаружены не только заиленные алевроитовые пески, но и алевроитовые илы зеленовато-серого и темно-серого цветов с $Md=0,03—0,04$ мм и $S_o=3,20—5,12$, чрезвычайно напоминающие по виду старичные илы (обр. 1114, 1131). Во многих образцах (обр. 1113, 1117, 1118) содержание фракции $<0,01$ мм составляет более 50%. Обычно в илах и заиленных песках обнаруживается многочисленная фауна: *Viviparus viviparus* (L.), *Sphaerium* (*Sphaeristrum*) *rivicola* Lamarck, *Dreissena polymorpha* (Pallas) и др.

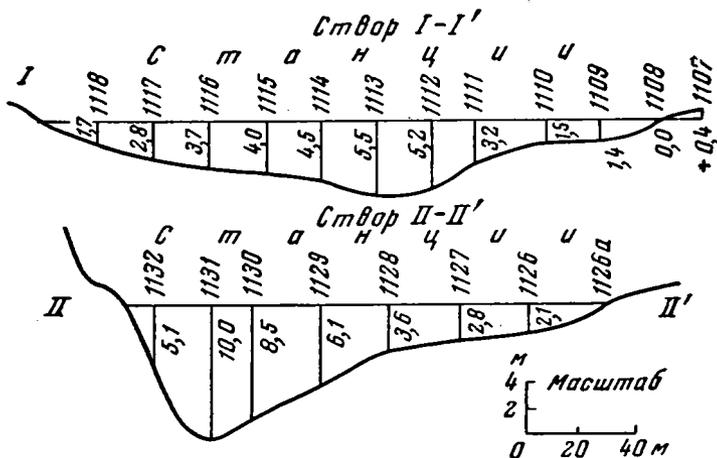
Итак, из приведенного выше материала можно видеть, что осадки пристрежневой фации Днепра, Десны и Оки имеют определенные черты сходства и отличия. В целом наблюдается

Таблица 6

Гранулометрический состав поверхностных русловых осадков Оки в районе Спасска-Рязанского (содержание фракций, %)

Пересеченные	Фациальная обстановка	Глубина, м	№ образца	Осадок	Размеры фракций, мм						
					>3,0	3,0—2,0	2,0—1,0	1,0—0,5	0,5—0,25	0,25—0,10	<0,10
Поперек русла через плёс	Русловая отмель	+0,4	1107	Песок с/з, буровато-серый, на берегу	—	1,62	9,72	26,14	56,68	5,54	0,30
		0,0	1108	То же, из русла	1,34	2,28	9,98	26,94	54,68	4,66	0,12
		1,4	1109	То же	—	0,94	3,08	11,80	70,24	13,86	0,08
		1,5	1111	» »	—	0,82	3,84	12,40	73,00	9,84	0,10
	Плёс в большей части заиленный	3,2	1110	» »	—	0,26	1,44	5,46	59,16	33,52	0,16
		5,2	1112	Песок с/з — м/з, желто-бурый	—	1,10	2,10	2,88	46,76	46,58	0,58
		5,5	1113	Ил крупноалевритовый, темно-серый, с <i>Viviparus viviparus</i> (L.), <i>Dreissena polymorpha</i> (Pallas)	—	0,15	0,24	0,60	4,22	29,35	65,44
		4,5	1114	Ил темно-серый, с зеленоватым оттенком	—	—	—	—	0,48	5,67	93,85
		4,0	1115	Песок крупноалевритовый, темно-серый, заиленный, с <i>Viviparus viviparus</i> (L.)	—	0,39	1,52	1,92	5,43	45,30	45,44
		3,7	1116	То же	—	0,76	0,17	0,47	2,03	41,83	54,74
		2,8	1117	Ил алевритовый, темно-серый, с <i>Viviparus viviparus</i> (L.)	—	3,67	0,27	0,41	2,16	18,07	75,42
		1,7	1118	То же	—	—	0,13	0,50	3,54	18,24	77,59
Поперек русла через плёс	Русловая отмель	0,0	1126a	Песок с/з, буровато-желтый	—	—	—	0,18	58,00	41,54	0,28
		2,1	1126	Песок м/з, буровато-желтый	—	—	—	0,16	41,06	58,42	0,36
		2,8	1127	Песок с/з, буровато-серый	—	—	—	0,16	67,90	31,74	0,20
		3,6	1128	То же	—	—	0,06	0,22	86,82	12,80	0,10
	Плёс, частично заиленный	6,1	1129	Песок с/з, серый	—	—	—	3,84	93,36	2,54	0,26
		8,5	1130	То же	—	—	0,06	11,62	83,54	4,70	0,08
		10,0	1131	Ил алевритовый, темно-серый	—	—	—	0,14	4,30	15,25	80,31
	Подмываемый берег	5,1	1132	Песок с/з — м/з, серый, заиленный	—	—	0,66	5,81	41,46	40,32	11,75
Перекаг	Перекаг	1,5	1119	Песок р/з, буровато-серый, с обломками раковин	1,10	5,18	22,38	29,42	39,50	2,14	0,28
		2,8	1120	Песок с/з, буровато-серый	—	—	0,64	4,92	85,90	8,50	0,04
		1,6	1121	То же	0,84	1,72	12,32	26,84	55,02	3,18	0,08
		1,8	1122	» »	0,74	1,10	5,20	14,14	73,52	5,28	0,02
		1,8	1123	» »	—	1,78	1,78	7,78	82,60	6,02	0,04
		2,0	1124	То же, с обломками раковин	—	1,60	9,54	22,64	63,18	2,90	0,14
		1,8	1125	То же	1,08	1,82	6,26	12,16	71,12	7,48	0,08

соответствие между крупностью осадков и гидродинамической активностью отложившего их водотока: Днепр > Ока > Десна. Наиболее широкий набор типов осадков характерен для субфации плёса. Здесь наряду с преобладающими среднезернистыми песками нередко встречаются мелкозернистые пески и даже сильно заиленные алевроито-глинистые осадки. Последние, правда, маломощны и представляют собой эфемерные образования, размываемые во время очередного половодья. Степень заиленности русловых осадков в межень контролируется величиной мутности рек: Ока > Десна > Днепр. В отличие от плёсов перекаты



Фиг. 7. Поперечные профили через русло р. Оки в районе г. Спасска-Рязанского (к табл. 6)

в межень не заиливаются, будучи подвержены активному переформированию. Осадки этой субфации в целом сложены наиболее крупными песками, обычно среднезернистого и разноезернистого состава.

Текстуры современных осадков пристрежневой фации, находящихся круглый год под водой, не могут непосредственно наблюдаться. Однако они достаточно изучены на ископаемом материале преимущественно в древних угленосных формациях.

В наиболее полной новейшей сводке Л. Н. Ботвинкиной (1962) указывается, что для самых нижних горизонтов аллювия, представляющих пристрежневую фацию, характерна неотчетливая косая слоистость, подчеркиваемая ориентированным расположением галек и обугленных растительных остатков, иногда беспорядочно-изогнутая или вовсе не проявляющаяся. Выше следует толща, представленная рядом налегающих друг на друга косослоистых серий, в которых слойки срезаются либо верхним, либо верхним и нижним серийными швами. Разумеется, результаты наблюдений над ископаемым аллювием нельзя целиком и полностью переносить на аллювий современный, так как этот последний, безусловно, имеет свою специфику. Все же механизм образования как самого аллювия, так и текстур русловых фаций должен в общих чертах сохраниться.

Данные о рельефе современного дна русла (наличие крупных перемещающихся песчаных волн не только в пределах отмелей, но и в стрежневой зоне) могут служить косвенным указанием на то, что значительная масса современных осадков пристрежневой фации русла должна характеризоваться крупной косой слоистостью. Возможно, часть этих осадков имеет неправильно-линзовидный характер. Об этом свидетельствуют наблюдения Е. В. Шанцера (1951) над разрезами аллювия в нижних частях надпойменных террас.

Фация русловых отмелей

По сравнению с пристрежневой фацией русловые отмели сложены осадками меньшей крупности и в целом большей степени сортировки. Здесь преобладают пески мелкозернистого состава (чаще $Md = 0,20—0,25$ мм, $S_o = 1,20—1,30$) и несколько реже — среднезернистого ($Md = 0,25—0,44$ мм, $S_o = 1,21—1,43$). Существенное укрупнение осадков отмелей наблюдается обычно близ стрежневой зоны (например, обр. 825—826, табл. 2), где увеличивается скорость течения, в меньшей степени — в полосе волнобоя у берега.

Поверхность пологих русловых отмелей в межень в той или иной степени заиливается. Сильно заиленные осадки выделяются в субфацию заиленных русловых отмелей. Они представлены алевритовыми илами (в среднем $Md = 0,03—0,02$ мм, $S_o = 1,76—2,22$) и заиленными мелкозернистыми песками (в среднем $Md = 0,13—0,14$ мм, $S_o = 1,79—2,14$). На Оке в отложениях субфации иногда встречаются даже тонкие глинистые илы с $Md = 0,002$ мм и $S_o = 3,70$.

Данные о гранулометрическом составе поверхностных осадков субаквальных частей отмелей приведены в табл. 2—5. Сходные по составу, но несколько меньшей крупности осадки слагают более высокие части отмелей, осушающиеся в межень.

На поверхности отмелей часто скапливаются многочисленный раковинный детрит и целые раковины: *Viviparus viviparus* (L.), *Dreissena polymorpha* (Pallas), *Unio pictorum* (L.), *Sphaerium* (*Sphaeriastrum*) *rivicola* Lamarck, *Lithoglyphus naticoides* C. Pfeiffer, *Anodonta* (*Anodonta*) *piscinalis* Nilsson, *Valvata* (*Borysthenia*) *naticina* Menke, *Planorbis planorbis* (L.), *Coretus corneus* (L.), *Theodoxus fluviatilis* (L.), *Limnaea stagnalis* (L.), *Bithynia tentaculata* (L.), *Vitrea cristallina* (Müll.), *Retinella hammonis* (Ström.). Эти раковины и их обломки сортируются как обычный терригенный материал.

Текстуры отложений русловых отмелей разнообразны и тесно связаны с характером их рельефа. С этой точки зрения отмели можно разделить на две части: 1) с преобладанием в рельефе крупных песчаных волн и 2) с относительно ровной поверхностью.

Участки отмелей, где развиты песчаные волны, невелики и тяготеют к самому меженному руслу. Длина (l) и высота (h) песчаных волн значительно варьируют в зависимости от величины речного потока: они наибольшие на Днестре (в среднем $l = 15—20$ м и $h = 0,3—0,4$ м) и наименьшие на Десне ($l = 7—10$ м, $h = 0,15—0,25$ м). С поверхности песчаные волны обычно покрыты тонкой алевритовой коркой заиления. Эта корка как бы «консервирует» обсохшие части волн от развеивания.

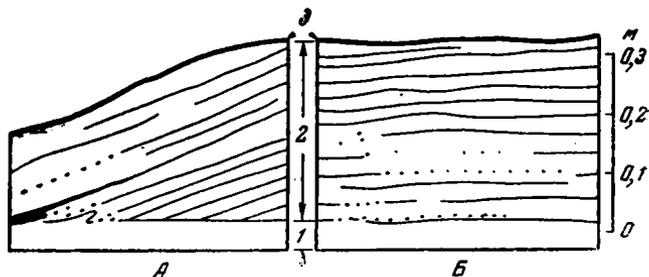
Далее по направлению от русла низкий уровень отмели с песчаными волнами сменяется более высоким ее уровнем с относительно ровной поверхностью. На Днестре, где отмели вообще отличаются большой шириной (150—250 м, иногда 400—500 м), такие участки явно преобладают. Надводные части русловых отмелей Десны и Оки нешироки (70—150 м), и оба выделенных типа имеют примерно одинаковое распространение.

В пределах низкого уровня отмелей Днестра и Оки господствующей является косая (диагональная) слоистость, обусловленная «дюнным» (по терминологии Шанцера, 1951) способом волочения донных наносов в виде закономерно построенных в плане песчаных волн. Для осадков отмелей Десны чрезвычайно характерна мелкая косоволнистая слоистость ряби течения, которая, по-видимому, образуется при определенном соотношении между скоростями течения реки и крупностью влекомых ею наносов. Аналогичный преобладающий тип слоистости и механизм ее образования указан Ю. А. Лаврушиным (1962) для

руслowych отмелей Индигирки. Вероятно, он характерен и для других рек.

В осадках высокого уровня русловых отмелей наиболее распространены мелкая косоволнистая слоистость ряби течения и мелкая косая слоистость. Последняя в осадках Десны встречается гораздо реже, чем в осадках Днепра и Оки.

Косая (диагональная) слоистость имеет однонаправленный, обычно слабо смещенный или параллельный характер. Она обусловлена сменой гранулометрического состава, реже — включениями крупного детрита. Мощность серий 0,12—0,15 м (редко до 0,20—0,25 м), мощность слоев 0,07—0,05 м и меньше. В слоях отчетливо видно погрубение материала от мелко- и среднезернистого песка в кровле пачек (серий) до средне- и крупнозернистого песка в их подошве. Иногда



Фиг. 8. Крупная косая (диагональная) слоистость на крутом склоне песчаной волны. Современная русловая отмель низкого уровня. Район Кременчугского водохранилища на Днепре (обн. 86).

Точками показаны включения грубозернистого песка и мелкого гравия, толстыми линиями — прослой заиления. Буквой А на фиг. 8 (и других подобных рисунках) обозначены разрезы, перпендикулярные направлению реки, буквой Б — параллельные

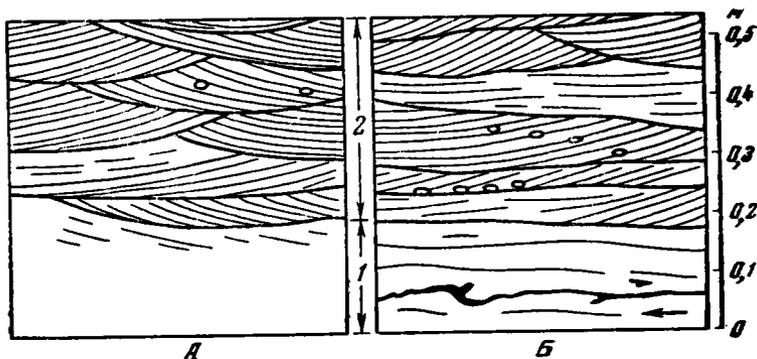
же более крупный материал не обнаруживает отчетливой приуроченности к подошве слоев и серий, а распределен в них относительно равномерно. В разрезах вкрест простирания песчаных волн слои, как правило, слабо выполаживаются к подошве (реже — прямолинейны) и срезаются верхним и нижним серийными швами. Истинные углы падения слоев достигают 29—32° (фиг. 8), часто же уменьшаются до 8—11°. Углы падения границ серий составляют 1—3° по направлению течения реки (иногда падение обратное с теми же углами). В разрезах по простиранию крупных песчаных волн слоистость пологая, слегка волнистая. Углы падения слоев обычно равны 1—5°, а границ серий — 1—3°. Иногда в более мелких сериях косая слоистость достаточно сильно срезана и имеет перекрестный (мульдообразный) характер. Углы падения слоев при этом достигают 15—20°, а границ серий — 5—12° (фиг. 9).

Интересно отметить, что в пределах одних и тех же песчаных волн углы падения косых слоев наиболее крутые у самых гребней (обычно 28—32°), тогда как в сторону тыла волн они заметно уменьшаются (составляя уже в 5—6 м от гребней волн 20—28°) за счет срезания верхних, более круто наклоненных частей слоев.

Иногда косая (диагональная) слоистость характеризуется более мелким масштабом: мощность серий падает до 0,02—0,03 м и длина их — до 0,70—0,80 м.

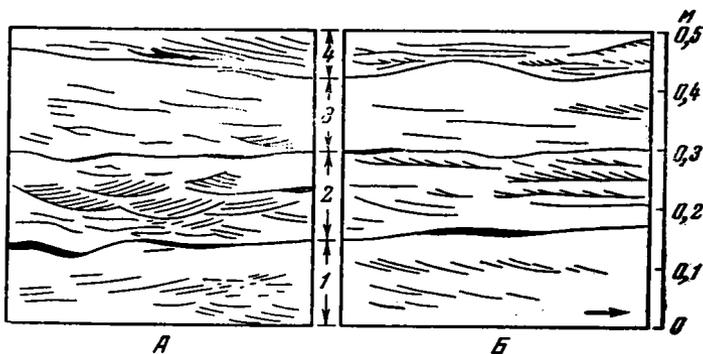
Косоволнистая слоистость типа ряби течения, как правило, в той или иной степени смещена (см. фиг. 10, 13). Подчеркивается она обыч-

но глинистым веществом и (или) тонко рассеянным растительным детритом. В разрезах, параллельных направлению русла, слоистость однонаправленная, слабо смещенная, вогнутая (фиг. 10). Налегавшие друг на друга серии в результате срезания образуют линзы длиной



Фиг. 9. Мелкая косая слоистость в песках современной русловой отмели высокого уровня. В нижней части разреза (слой 1) слоистость пологая. Утолщенной линией показан прослой заиления. Район Днепрово-Каменки (обн. 223)

0,20—0,60 м и мощностью 0,01—0,03 м. К основанию серий слойки немного выполаживаются и часто утолщаются. Углы падения слойков составляют обычно 15—20° (вообще измерить их трудно). Углы падения границ серий составляют 2—5° по направлению течения. В разрезах, перпендикулярных направлению русла, слоистость смещена значительно больше и имеет несимметрично-мульдообразный вид, характерный для ряби течения. Индекс $l:h=3-5$.

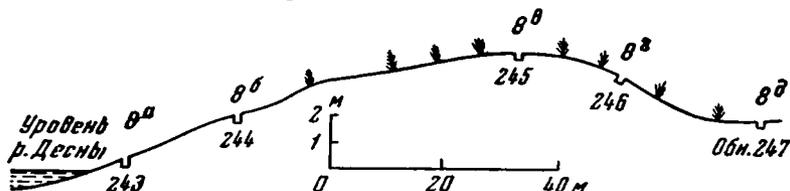


Фиг. 10. Меловая косоволнистая слоистость ряби течения (слой 2) и эоловая слоистость (слой 4) в песках современной русловой отмели высокого уровня. Жирной линией показан прослой заиления. Район Днепрово-Каменки (обн. 217)

Кроме описанных преобладающих типов слоистости: 1) косой и 2) косоволнистой, типа ряби течения, встречаются также другие, менее распространенные: 3) пологонаклонная слоистость облекания поверхности русловой отмели, 4) волнистая слоистость ряби волнения, 5) мелкая косоволнистая эоловая слоистость, а также 6) текстуры, осложненные вторичными смятиями.

Пологонаклонная слоистость облекания обычно наблюдается в тонких песчано-алевритовых осадках на поверхности современных отмелей высокого уровня, переходящих уже в прирусловые валы (фиг. 11). Она

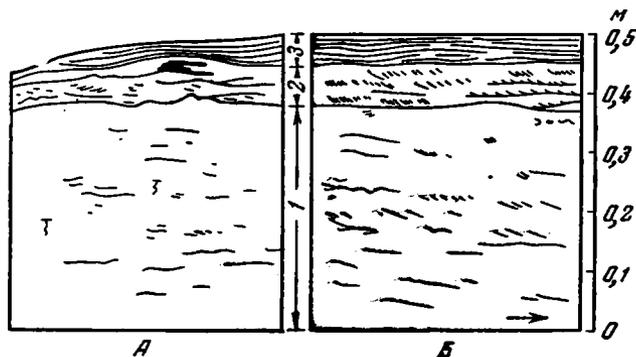
возникает вследствие наращивания тонких поверхностных осадков за счет влекомых и взвешенных наносов при спаде половодья. Слоистость подчеркивается более темными включениями маломощного (0,5—1 мм) глинистого материала, часто с примесью тонкого растительного детрита. Включения этого материала имеют пологослоистый, иногда слегка волнистый характер. В разрезах вдоль направления реки (и отмели) слоистость обычно горизонтальна. Описываемый тип слоистости



Фиг. 11. Поперечный профиль поверхности русловой отмели (вала) р. Десны в районе Чернигова (группа точек 8а—8г на фиг. 46)

особенно характерен для слегка заиленных осадков русловых отмелей Десны и Оки. Типичный пример такой слоистости можно видеть на фиг. 12 (слой 3).

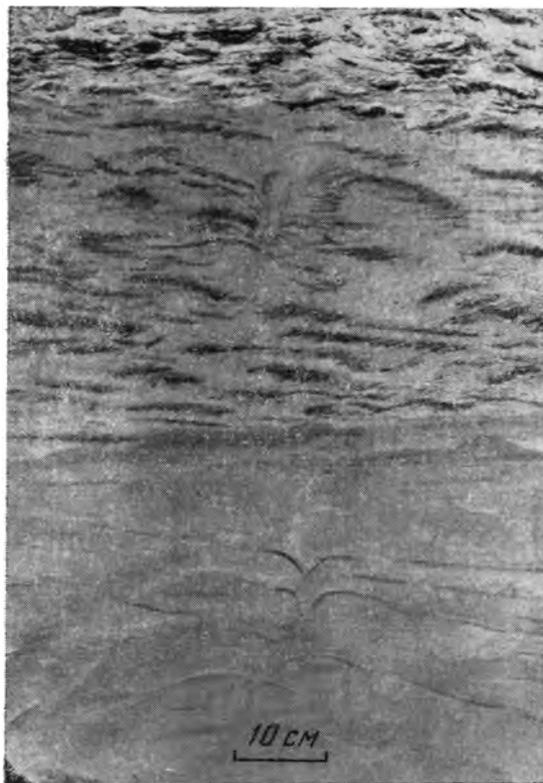
Слоистость ряби волнения, наблюдаемая в разрезах, обычно в той или иной степени асимметрична и представляет собой переход к ряби течения (или наоборот). Слоистость проявляется главным образом



Фиг. 12. Зарисовка слоистости в песках русловой отмели р. Десны (точка 86, обн. 244). Показана мелкая косоволнистая слоистость ряби течения (слой 1 и 2) и пологонаклонная слоистость облекания поверхности отмели (слой 3)

благодаря тонко рассеянному растительному детриту, реже — смене гранулометрического состава. Мощность линзовидных серий — 0,01—0,02 м, а слойков — около 1 мм. В более чистом виде рябь волнения можно наблюдать в зоне современного волнобоя. Это вполне симметричные параллельные валики песка, вытянутые вдоль берега. Высота валиков 0,5—2 см, длина — 4—10 см. Индекс $l:h=4,5-7$.

Несколько замечаний о сортирующей роли волнового прибора. Несмотря на небольшой свой масштаб, этот процесс часто приводит к заметному увеличению крупности и сортировки песков у самого уреза воды. Для примера можно сравнить обр. 820 (см. табл. 2), 1108, 1126а (см. табл. 6) с соседними. Количество таких и даже более показательных примеров на изученном материале можно во много раз увеличить. Сортирующее действие прибора в наибольшей степени наблюдается в русле Днепра (на Оке и Десне меньше), особенно там, где русловые отмели нешироки и имеют повышенный уклон поверхности. Когда



Фиг. 13. Косоволнистая слоистость ряби течения (вверху) и косая слоистость (внизу) в песках погребенной русловой отмели р. Десны в районе Чернигова. В верхней и нижней пачках песков видны вертикальные загибы слойков (ходы мелких животных?)

осадки отмелей представлены среднезернистыми и более крупными песками, наблюдается сортировка частиц по размеру. При уменьшении крупности песков в них прогрессивно увеличивается содержание тяжелой фракции, и сортировка осуществляется уже главным образом по удельному весу — образуются природные шлихи. Более крупнозернистые их разности имеют розовый цвет (гранатовые по составу), а более тонкозернистые — серый (рудные, преимущественно ильменитовые).

Однако в общем роль волнобоя как фактора формирования состава и текстур аллювия весьма невелика, и выделение особой фации берегового прибоя, как это делает В. А. Полянин (1953), неоправданно: эти образования приурочены к узким волнобойным ступеням, образующимся при спаде воды после паводка и отвечающим постепенно снижающимся положениям уреза воды. Последующий паводок, как правило, полностью уничтожает эти временно возникающие ступени вместе с покрывающими их осадками зоны волнобоя, которые почти никогда не переходят в ископаемое состояние.

Эоловая слоистость часто наблюдается в рыхлых поверхностных осадках современных русловых отмелей повышенного уровня. Она имеет неясный мелковолнистый характер и слегка проявляется сменой гранулометрического состава, иногда — включениями тонкого растительного детрита. Границы серий выпукло-вогнутые, волнистые. Мощность серий 0,5—1,0 см, длина их 0,10—0,15 м. Индекс $l:h=15-20$. Пример такой слоистости можно видеть на фиг. 10 (обн. 217, слой 4).

Современная ветровая рябь широко распространена на обсохших поверхностях отмелей, сложенных отмытыми, переветренными ветром песками ($Md=0,17-0,26$ мм, $S_o=1,14-1,20$). Рябь имеет вид валиков до 10 см ширины и 0,5 см высоты (в среднем). Нередко такая ветровая рябь усложняется и приобретает причудливый вид в связи с тем, что мелкий песчаный материал с поверхности выдувается ветром, а более крупнозернистый локализуется на месте.

К текстурам, имеющим вторичный характер, относятся следы вытаптывания осадка крупными копытными и выполнения ходов мелких роющих животных (фиг. 13), текстуры оплывания и оползания осадков, внутренние размывы, трещины и др. Эти текстуры наиболее хорошо проявляются в осадках субфации заиленной русловой отмели и поэтому будут рассмотрены в дальнейшем при ее характеристике. В отмытых песках русловых отмелей прослой заиления встречаются редко, и вероятность обнаружения вторичных текстур меньше. Здесь обычно можно видеть следы вытаптывающей деятельности скота, которая приводит к перемешиванию однородных песчаных осадков и уничтожению в них первичной слоистости.

Ниже приведены описания нескольких обнажений русловых отмелей с типичными для них текстурами.

Обнажение 86. Район Кременчугского водохранилища у пристани Тубельцы. Современная русловая отмель Днепра низкого уровня. Поверхность песчаной волны у самого крутого ее склона. Закопушей 86 вскрыто (фиг. 8, снизу вверх):

	Мощность, м
1. Песок мелкозернистый ($Md=0,20$ мм, $S_o=1,23$), серый, неясно-косослоистый, очень влажный, с отдельными небольшими линзами разнозернистого песка	0,05
2. Песок мелкозернистый ($Md=0,17$ мм, $S_o=1,20$), светло-серый, составляющий одну косослоистую серию — тело песчаной волны ($l=16,5$ м, $h=0,45$ м). Мощность слоев 4—5 мм. В разрезе, перпендикулярном простираанию волны, слои одинаково круто наклонены ($28-32^\circ$) как к подошве, так и к кровле серии. В краевой части серии, у самого крутого склона песчаной волны, слои имеют S-образный характер. Песчаный материал слоев заметно укрупняется к подошве серии. Последняя повсеместно отмечена небольшим ($0,5-1$ см) прерывистым прослоем более темного крупнозернистого песка. В разрезе вдоль простираания песчаной волны слоистость имеет пологий, слегка волнистый вид. Углы падения слоев 2—5°, а подошвы серии — 2°	0,30
3. Алеврит крупный, бурый — прослой заиления на поверхности песчаной волны	0,03—0,04

Обнажение 223. Район Днепрово-Каменки в 200 м от меженного русла, точка 14в (см. фиг. 2). Поверхность русловой отмели высокого уровня. Закопушей 223 вскрыто (фиг. 9, снизу вверх):

	Мощность, м
1. Песок среднезернистый ($Md=0,33$ мм, $S_o=1,22$), светло-серый, неясно-косослоистый, содержащий прослойки более глинистого песка мощностью до 1—2 см	0,20 (видимая)
2. Песок среднезернистый ($Md=0,32$ мм, $S_o=1,19$), светло-серый, рыхлый, косослоистый, с частыми включениями мелкого гравия и глинистых катышей размера мелкой гальки. Слоистость обусловлена различием в гранулометрическом составе. Мощность слоев около 0,5 см, мощность серий 4—12 см (обычно 5—7 см). В разрезе, параллельном направлению реки, углы падения слоев обычно составляют $8-11^\circ$, иногда же увеличиваются до $18-23^\circ$. Границы серий наклонены под углом $2-3^\circ$ по течению реки (иногда в обратную сторону). В разрезе, перпендикулярном направлению русла, косая слоистость срезана гораздо больше и часто имеет перекрестно-линзовидный (мульдообразный) характер. Углы падения слоев обычно равны $6-14^\circ$ (иногда $20-25^\circ$), а границ серий — $8-14^\circ$	0,25—0,35

Обнажение 224. Верховая часть меандра р. Десны у г. Чернигова. Здесь в связи с закреплением правого подмываемого берега рост отмели на левом берегу стабилизирован, так что она представляет сейчас своеобразный аккумулятивный «бечевник» с довольно крутым ($10-11^\circ$) наклоном поверхности (см. фиг. 46 и 11). В точке 86, что в 25 м от русла, закопушей 244 вскрыто (фиг. 12, снизу вверх):

Мощность, м

1. Песок мелкозернистый ($Md=0,16$ мм, $S_o=1,15$), светло-серый, с неясной косоволнистой слоистостью, слабо подчеркнутой мелкой растительной крошкой. Мощность серий около 1 см, а углы падения их границ — $3-6^\circ$ 0,4
2. Алеврит крупный ($Md=0,05$ мм, $S_o=1,89$), бурый, с прекрасно выраженной мелкой косоволнистой слоистостью ряби течения (несколько смещенной). Слоистость подчеркивается глинистым веществом и тонкорасеянным растительным детритом. Мощность серий 1—2 см. В разрезе, параллельном направлению русла, слоистость вогнутая, однонаправленная. Слойки к основанию серий утолщаются от долей миллиметра до 1—1,5 мм и немного выполаживаются. Углы падения границ серий $2-4^\circ$. В разрезе, перпендикулярном направлению реки, слоистость имеет иногда противоположное направление. Углы падения границ серий $2-5^\circ$ 0,07—0,08
3. Песок мелкозернистый ($Md=0,16$ мм, $S_o=1,19$), буровато-серый, содержащий очень тонкие (0,5—1 мм) глинисто-алевритовые прослойки. Последние имеют пологослоистый, слегка волнистый характер. Углы падения прослоек $8-10^\circ$ (к реке). В целом слоистость пологонаклонная, следующая склону отмели и возникшая при наращивании ее наносами во время спада половодья 0,06—0,08

* * *

Рассмотрим теперь особенности залегания и текстуры слоев заиления. Механизм образования последних подробно разобран Е. В. Шанцером (1951, стр. 51—50). Характер этой субфации в аллювии Днестра, Десны и Оки существенно различен.

На Днестре заиление поверхности современных русловых отмелей в межень проявляется очень слабо. Заиленные осадки представлены песчаными и алевритовыми разностями мощностью в немногие сантиметры. В ископаемом состоянии слои заиления встречаются довольно редко и представлены буровато-серыми мелкопесчаными и крупнопылеватыми супесями (крупными и мелкими алевритами), редко достигающими мощности 2—3 см.

Гораздо лучше выражены слои заиления в осадках Десны (фиг. 14). В качестве типичного примера может служить обнажение левого подмываемого берега в верховой части меандра (см. группу точек под номером, 1, фиг. 46), которое было обследовано и описано вместе с Е. В. Шанцером в 1961 г. Здесь на расстоянии около 1 км в разрезе видны следующие три пачки аллювия (снизу вверх): I — субфация заиленной русловой отмели, II — осадки русловой отмели высокого уровня и частично прирусловых валов, III — приречно-пойменные осадки ленточного вида, иногда перемежающиеся с отложениями наложенных прирусловых валов.

Обнажение в точке 1а. В низовом конце обнажения (фиг. 15) пачка I имеет следующее строение.

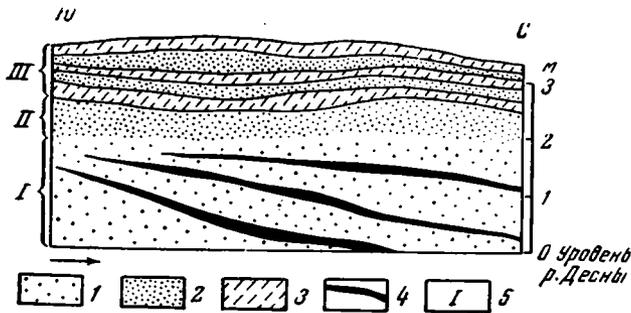
Преобладающими разностями осадков являются мелкозернистые ($Md=0,16-0,13$ мм, $S_o=1,20-1,42$) светло-серые пески с косоволнистой слоистостью ряби течения. Пески залегают наклонными вниз по течению пластами по 1,5—1,6 м мощности. Отдельные прослойки в песках имеют более крупный гранулометрический состав и обогащены детритом и целыми раковинами моллюсков: *Lithoglyphus naticoides* С. Pfeiffer, *Valvata (Borysthenia) naticina* Menke, *Viviparus viviparus*



Фиг. 14. Слои заиления русловой отмели. Пойма р. Десны у г. Чернигова (точка 1в)

(L.), *Unio pictorum* (L.), *Radix lagotis* (Schrank) и др. В целом пласты песков выполаживаются к подошве и кровле пачки I и имеют, таким образом, крупнолинзовидную форму.

Подчиненные разности осадков представлены слоями заиления, состоящими из мелких алевритов ($Md=0,03$ мм, $S_o=1,57-1,76$). Мощность слоев заиления варьирует от нескольких сантиметров до 20—25 см. Нижние по падению, субаквальные части слоев оглеены. Цвет



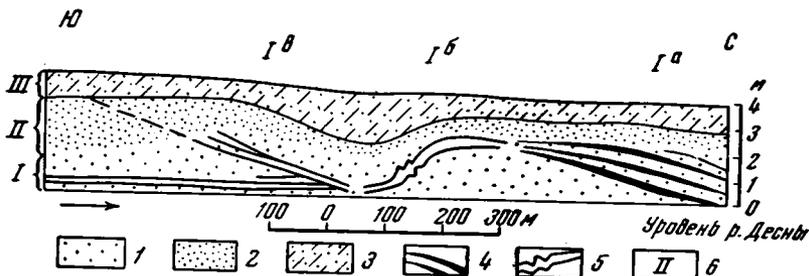
Фиг. 15. обнажение в пойме р. Десны у г. Чернигова (точка 1а):

1 — песок мелкозернистый; 2 — песок алевритовый; 3 — алеврит; 4 — слой заиления; 5 — номера пачек аллювия

их грязно-серый с зеленоватым оттенком. Верхние по восстанию части слоев имеют бурю окраску от гидроокислов железа. В целом состав заиленных слоев неоднороден: в них встречаются как супесчано-суглинистые (алеваитовые) разности, так и существенно песчаные. Слоистость осадков в целом наклонная, следующая направлению поверхности слоев. Часто слоистость подчеркивается небольшими тонкими линзочками песков от долей сантиметра до 5 см, а также почти черными прослойками, обогащенными органическим веществом. Иногда проявляется весьма мелкая рябь мелководья, подчеркиваемая тонким растительным детритом. Обычно контакт слоев заиления с кроющимися их светло-серыми отмытыми песками характеризуется размывом, отме-

чаемым скоплением мелких суглинистых катышей. Иногда этот разрыв почти не заметен.

Слои заиления наклонены вниз по течению, причем уклон нарастает от уреза воды до высоты 1—1,5 м, достигая 10—13°, а затем выполаживается, так что верхние концы слоев залегают почти горизонтально и прослеживаются на большом протяжении в основании пачки II. Расстояние между слоями заиления непостоянное: слои то расходятся, то сближаются по два-три, что приводит к уменьшению мощности разделяющих их песков до 0,5—1,0 м.



Фиг. 16. Схема разреза левого берега р. Десны у г. Чернигова (точки 1а—1в):

1 — песок мелкозернистый; 2 — песок алевритовый; 3 — алеврит с небольшой примесью песка; 4 — слои заиления; 5 — смятые слои заиления; 6 — номера пачек аллювия

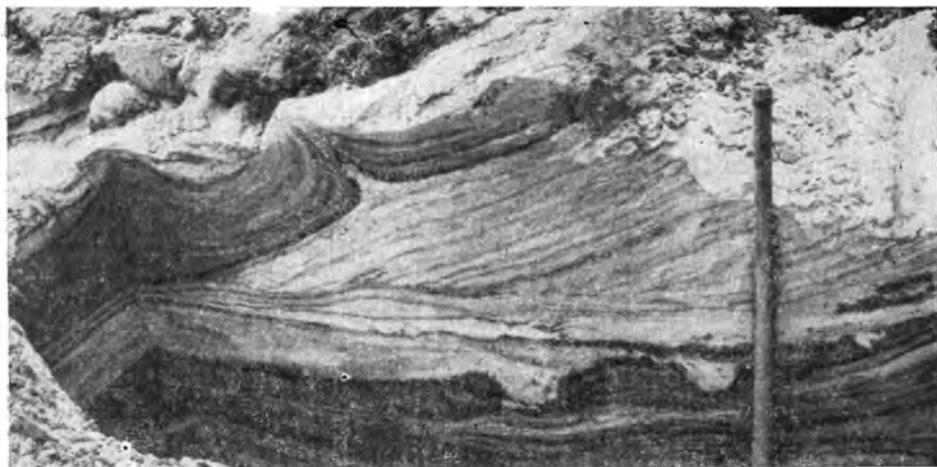
В целом отложения заиленной русловой отмели (пачка I) слагают нижние 1,8—2 м обнажения. Выше уже залегают преимущественно пойменные осадки.

Выше по течению, в точке 1б (фиг. 16) характер разреза изменяется. Слои заиления здесь круто падают в противоположную сторону, вскрывая, таким образом, крутой тыловой склон погребенной русловой отмели. Состав слоев заиления в точке 1б в общем не изменяется. Однако здесь встречен своеобразный тип осадков с прекрасно выраженной «ленточной» слоистостью, представленный очень тонким (доли сантиметра) переслаиванием светло-серого алеврита с бурым растительным детритом. Там, где прослойки алевритов утолщаются, в них видна очень тонкая слоистость ряби течения с мощностью линзовидных серий до долей сантиметра.

На крутом склоне погребенной отмели в точке 1б наблюдаются сложные сингенетичные текстуры оползания обводненных осадков (фиг. 17—19). Кроме преобладающих неправильно-складчатых смятий, возникших еще при отложении осадков, здесь устанавливаются и относительно ровные линии мелких сбросов с амплитудой в 1—2 см, имеющих более позднее происхождение.

Из других текстур смятия часто встречаются следы крупных животных, сильно деформирующие осадки (фиг. 20) ¹.

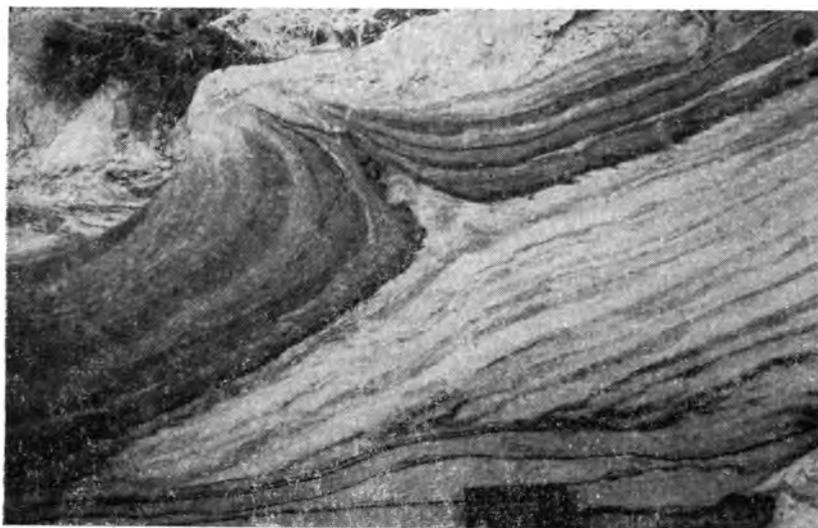
¹ Необходимо указать, что в современном аллювии подобные текстуры широко распространены в иловатых осадках русловых и старичных фаций и связаны с выпасом скота на поймах. Они, несомненно, должны иметь широкое распространение и в древних аллювиальных и прибрежно-озерных отложениях, по крайней мере, среди кайнозойских континентальных толщ. Как известно, стада диких копытных в нетронутых человеком районах, особенно степных, нередко достигают тысяч и десятков тысяч голов и регулярно посещают водопои на реках и озерах. Поэтому изучение и описание указанных текстур биогенного смятия приобретает существенный общегеологический интерес.



Фиг. 17. Обнаженне поймы
Видны сингенетичные текстуры оползания обводненных

Последующий перемыв осадков заиленных русловых отмелей фиксируется по угловым несогласиям их слоев, а также по наличию мелких катышей из глинистого материала (фиг. 21).

На р. Оке в районе Спасска-Рязанского хороших разрезов заиленных русловых отмелей не было встречено. Судя по данным Е. В. Шанцера (1951, стр. 33, 98, 140, 155) и моим личным наблюдениям, характер залегания и состав слоев заиления здесь мало отличается от залегания и состава аналогичных отложений р. Десны. Часто в разрезах русловой отмели видны биогенные текстуры смятия (вытапывания), подчеркиваемые резким контрастом темных заиленных прослоек среди светлых отмытых песков. Темные прослойки резко изменяются



Фиг. 18. Деталь текстуры, изображенной на фиг. 17. Видно внедрение светлого мелкозернистого песка в более темный тонкослойный алеврит — слой заиления



р. Десны у г. Чернигова (точка 16).
осадков на крутом склоне заиленной русловой отмели

в мощности, прерываются, имеют вид изолированных включений, карманчиков, смятых линзочек и т. д. Иногда в таких разрезах видны реликты первичной слоистости (например, на фиг. 22).

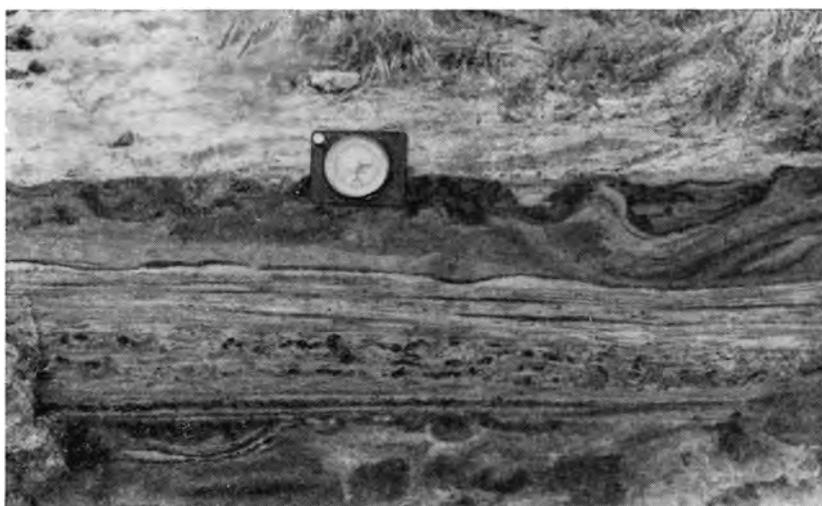
Современное заиление русловых отмелей Оки выражено достаточно ярко. Поверхность отмелей в тихих заводях и в подвалах песчаных волн выше и ниже меженного уреза воды покрыта слоем алевритово-глинистого ила мощностью до 3—5 см и более. Здесь часто встречается фауна: *Lithoglyphus naticoides* C. Pfeiffer, *Valvata (Borysthenia) naticina* Menke, *Valvata (Cincinna) piscinalis* (Müll.), *Viviparus viviparus* (L.), *Unio pictorum* (L.), *U. tumidus* Philipsson, *Radix lagotis*



Фиг. 19. Текстуры оползания обводненного осадка на крутом склоне заиленной русловой отмели. Виден фронт внедрения слоя заиления в мелкозернистый отмытый песок. Пойма р. Десны у г. Чернигова (обн. 16)



Фиг. 20. Детали сингенетичных текстур смятия, обязанных вытаптывающей деятельности крупных животных. Отложения субфации заиленной русловой отмели, переходящей в краевую часть старицы. Пойма р. Десны у г. Чернигова (расчистка между обн. 1в и 1г)



Фиг. 21. Тот же участок поймы р. Десны. В средней части снимка видны многочисленные мелкие суглинистые катыши, образовавшиеся при перемыле слоев заиления. Выше видны текстуры смятия осадков

(Schrank) и др. При подсыхании корка ила разбивается на отдельные плитки. Часто на поверхности разлома таких плиток видны крупные песчинки, которые были занесены ветром в еще жидкий ил.

Фация боковых протоков

Боковые протоки широко распространены на Среднем Днепре с его ярко выраженной фуркацией русла. Гидрологический режим Десны и Оки в пределах изученных участков обуславливает сильное мандрирование этих рек, поэтому боковые протоки здесь отсутствуют.

Степень фациальной дифференцированности протоков зависит прежде всего от их размера и гидродинамического режима. С этой точки зрения, среди протоков могут быть выделены по крайней мере три типа: а) относительно крупные протоки, б) небольшие протоки с достаточно активным гидродинамическим режимом, в) застойные протоки с очень слабым гидродинамическим режимом.

В пределах относительно крупных боковых протоков Днепра, достигающих 100—150 м ширины, как правило, четко обособляются плёсовые ложбины, отмели и перекаты. В целом наиболее крупные и лучше отсортированные пески встречены на перекатах ($Md=0,33-0,32$ мм, $S_o=1,22-1,18$). Осадки плёсов представлены почти такими же по крупности среднезернистыми песками, однако сортировка их явно хуже ($S_o=1,43-1,30$), что связано с некоторым заилением плёсов, особенно в их верховых частях. В еще большей степени заилены осадки отмелей — здесь встречаются даже мелкоалевритовые илы с $Md=0,02$ мм и $S_o=1,76$, имеющие мощность до 2—4 см. Обычные же осадки отмелей представлены мелкозернистыми песками с $Md=0,17-0,19$ мм и $S_o=1,21-1,45$. По сравнению с фациями главного русла Днепра аналогичные осадки его протоков более мелкозернисты и хуже отсортированы, за исключением осадков перекатов.

Текстуры осадков достаточно крупных протоков тесно связаны с рельефом их дна. Хороший пример в этом отношении представляла крупная судоходная протока Днепра близ устья р. Рось, почти полностью осушенная в сильную межень 1959 г.

Поверхность наиболее глубокой части протоки, которую можно считать пристрежневой зоной, имеет в ширину до 85 м и покрыта прекрасно выраженными песчаными волнами (фиг. 23). Длина волн составляет 5—12 м (в среднем 7 м), а высота 0,15—0,40 м (в среднем 0,20 м). В плане гребни волн многократно изогнуты. Наиболее выдвинутыми вниз по течению оказываются центральные по простиранию части волн, в то время как их крылья значительно отстают, уплощаются и сходятся между собой. Обычно в центральных частях видно срезание одних гребней волн другими. Строение отмеченных песчаных

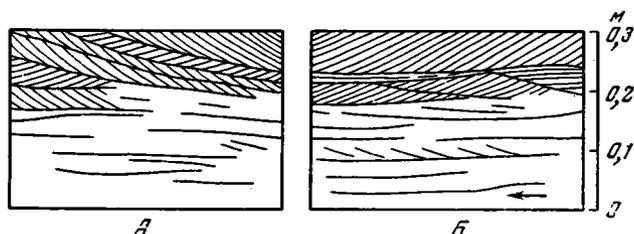


Фиг. 22. Текстуры биогенного смятия (следы вытаптывания) в осадках современной заиленной русловой отмели р. Оки в районе Спасска (обн. 271)



Фиг. 23. Осушенная в межень крупная протока Днепра близ устья притока Рось. Видны крупные песчаные волны в наиболее глубокой части протоки

волн ничем существенным не отличается от аналогичных образований в пределах главного русла Днепра. С поверхности волны обычно покрыты небольшой коркой бурого алевритового песка ($Md=0,10-0,11$ мм, $S_o=1,45-1,41$), иногда расслаивающейся и проникающей в виде неправильных мелких карманчиков в нижележащие пески. Эти последние имеют среднезернистый состав ($Md=0,31$ мм, $S_o=1,33$) и прекрасно выраженную косую слоистость. В поперечном разрезе

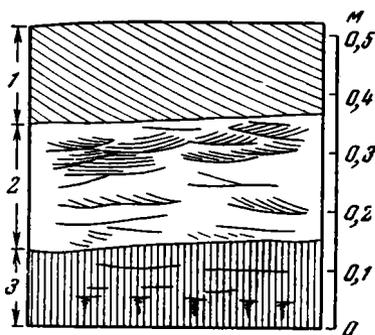


Фиг. 24. Мелкая косая (диагональная) слоистость в песках отмели крупной протоки Днепра близ устья р. Рось. Внизу слоистость плохо выражена

волн углы падения слоев составляют $28-32^\circ$. В разрезах по простиранию волн видна пологая (до 3°), близкая к горизонтальной слоистость, имеющая слегка волнистый характер. Мощность серий $0,23-0,30$ м. По направлению от русла Днепра наиболее глубокая, пристрежневая часть протоки с системой больших песчаных волн сменяется более высокой ровной отмелью до 100 м ширины. Песчаные волны здесь имеют меньший размер и плохо выражены в рельефе, будучи сильно перевены ветром. Осадки представлены мелкозернистыми песками ($Md=0,14$ мм, $S_o=1,15$) с мелкой косой и косоволнистой слоистостью. Мощность косых серий $0,05-0,10$ м. Углы падения слоев варьируют в широких пределах, достигая $26-28^\circ$; углы падения границ серий $4-5^\circ$. Мелкая косоволнистая слоистость имеет вид ряби течения. Мощность серий $0,01-0,03$ м (фиг. 24).

Небольшие ($30-60$ м ширины) протоки с достаточно активным гидродинамическим режимом характеризуются почти полным отсутствием

фациальной дифференциации. Осадки их обычно представлены отмытыми мелкозернистыми песками с $Md=0,25-0,16$ мм и $S_o=1,31-1,17$, иногда покрытыми маломощной алевритовой коркой заиления ($Md=0,07-0,04$ мм, $S_o=1,51-1,93$). На дне проток часто встречаются песчаные волны с $l=6-8$ м и $h=0,1-0,15$ м. В поперечных разрезах этих волн обнаруживается мелкая косая слоистость с максимальными углами падения слойков до $28-31^\circ$. Границы серий имеют наклон $\leq 3-5^\circ$, мощность их до $0,10-0,12$ м. Очень часто в расчистках встречается мелкая косоволнистая слоистость ряби течения с мощностью линзовидных серий до $0,03-0,04$ м (фиг. 25, сл. 2). В осадках проток иногда встречаются раковины *Viviparus viviparus* (L.) и др.



Фиг. 25. Зарисовка слоистости в песчаных осадках небольшой протоки Днепра в районе Боровицы. Показана косая (диагональная) слоистость (слой 1) и косоволнистая слоистость ряби течения (слой 2). Слой 3 — старичные отложения

Застойные протоки с очень слабым гидродинамическим режимом обычно в своих верховых частях отделяются от главных русел пересыпями. Типичный пример такой протоки можно видеть в районе Канева близ устоев железнодорожного моста. Ширина протоки достигает 100 м. Дно ее повсеместно покрыто темно-серым алевритовым илом ($Md=0,02-0,03$ мм, $S_o=1,74-1,76$), поверхность которого буквально переполнена раковинами: *Viviparus viviparus* (L.), *Sphaerium (Sphaeriastrum) rivicola* Lamarck, *Lithoglyphus naticoides* C. Pfeiffer, *Unio pictorum* (L.) и др. На глубине $0,05-0,10$ м ит сменяется темно-серым алевритовым песком ($Md=0,11$ мм, $S_o=1,71$), а с глубины $0,25-0,30$ м идет уже достаточно отмытый серый мелкозернистый песок ($Md=0,22$ мм, $S_o=1,40$).

Итак, боковые протоки русла представляют собой недолговечные образования, которые впоследствии могут то отшнуровываться от русла и превращаться в настоящие старицы, то разрабатываться полыми водами до размеров, вполне соизмеримых с размером главного русла. В соответствии с этим характер осадков боковых проток и степень их фациальной дифференцированности могут изменяться в широком диапазоне, что подтверждается приведенными выше данными.

2. ПОИМЕННОЯ МАКРОФАЦИЯ

Фация прирусловых валов

Следуя за Е. В. Шанцером (1951), отложения прирусловых валов можно рассматривать как переходные между собственно русловым и пойменным аллювием.

Действительно, морфологически прирусловые валы тесно связаны с верхними частями отмелей, непосредственным продолжением которых они обычно и являются. Такая же близость имеется и в отношении состава этих фаций, о чем свидетельствуют некоторые данные Е. В. Шанцера (1951, стр. 115) по осадкам Волги, а также собранный мной обильный фактический материал по аллювию Десны, Оки и особенно Днепра. С другой стороны, морфогенетически прирусловые валы принадлежат уже пойме, слагая остов ее рельефа, заложенный еще до формирования пойменного аллювия.



Фиг. 26. Переход косо волнистослоистых песков прируслового вала (внизу) в горизонтально- и пологослоистые пески и алевриты фации приречной поймы (вверху). Обн. 16 в пойме р. Десны в районе г. Чернигова

Просмотр большого числа разрезов приводит к выводу, что фация прирусловых валов, образующая ядра пойменных грив, книзу обычно постепенно переходит в фацию русловых отмелей, так что их граница может быть намечена довольно условно. Контакт же осадков прирусловых валов с покрывающим их ритмично-слоистым пойменным аллювием обычно четкий (фиг. 26). Впрочем, иногда осадки валов в своих верхних частях оказываются настолько сильно переработанными наложенными процессами почвообразования, что бывает трудно определить их генетическую природу и отделить их от собственно пойменных осадков.

В свежих осадках прирусловых валов, особенно наложенных, иногда встречается некропланктон в виде раковин *Viviparus viviparus* (L.), *Lithoglyphus naticoides* C. Pfeiffer и наземные формы: *Succinea oblonga* Drap., *Retinella* (*Perpolita*) *hammonis* (Ström), *Vitrea crystallina* (Müll.).

Изученный мною материал касается главным образом свежих прирусловых валов, непосредственно связанных с современными русловыми отмелями и так же продолжающих еще формироваться. Характер развития прирусловых валов на Днестре, Десне и Оке существенно различен, что связано прежде всего с различиями в геоморфологии и геологическом строении водосборов этих рек.

Наиболее хорошо прирусловые валы выражены на Днестре (фиг. 27), в водосборе которого преобладающую роль играют мало расчлененные песчаные низины Полесья. Значительно хуже развиты прирусловые валы (и отмели) на Десне и особенно на Оке. «Верхнее течение Оки собирает воды с площади, сложенной в основном карбонатными и глинистыми породами, дающими мало песка в ходе эрозии. Наоборот, расчлененный рельеф, особенно в пределах Средне-Русской возвышенности, обеспечивает достаточно большую напряженность поверхностного смыва, поставляющего громадные массы преимущественно глинистых частиц. Сравнительно ограниченное питание влекомыми донными наносами и обилие наносов взвешенных и есть причина относительно малого развития прирусловых отмелей и валов на верхней и частично средней Оке при большой мощности суглинистого покрова поймы» (Шанцер, 1951, стр. 117). Примерно то же самое можно сказать и в отношении р. Десны.



Фиг. 27. Молодой прирусловой вал в районе Днепрово-Каменки. Виден крутой внутренний склон вала

Систематические наблюдения над характером осадков современных прирусловых валов, в частности над их текстурами, в литературе отсутствуют. Беглые указания по этому поводу есть в работах Е. В. Шанцера (1951, стр. 115), а также коллектива авторов во главе с Ю. А. Жемчужниковым (Аллювиальные отложения..., 1954, стр. 36). В первой работе в отношении осадков прирусловых валов отмечается линзовидно-плочатая слоистость, во второй — крупная косая слоистость, падающая от реки. Последняя точка зрения сейчас широко распространена среди геологов.

Наши наблюдения показывают, что осадки современных прирусловых валов характеризуются различными типами слоистости, которая в целом имеет облекающий характер, обуславливаясь морфологией склонов вала. На склонах вала, особенно на обращенном от реки внутреннем склоне, обычно наблюдается крупная косая (диагональная) слоистость с мощностью серий до 0,5—0,8 м (больше, чем в песках русловых отмелей). На вершине вала преобладающим типом слоистости является мелкая косоволнистая, часто смещенная слоистость ряби течения. Подчиненную роль играет мелкая косая слоистость. В прослойках алевритов, покрывающих пески вала, наблюдается пологонаклонная облекающая слоистость, реже — мелкой ряби течения. В этих же прослойках заиления нередки вторичные текстуры смятия, подобные описанным ранее для русловых отмелей.

Статистически, на основании 430 замеров, установлено соотношение между современным направлением русла и направлением падения слоистости в пределах различных морфологических элементов поверхности прируслового вала (табл. 7). Из табл. 7 следует, что на вершине вала и внешнем склоне его, обращенном к реке, слоистость в значительной степени падает к реке и вниз по течению. Только на внутреннем склоне вала, обращенном от реки, слоистость почти целиком падает в этом же направлении.

Приведенные данные следует иметь в виду при анализе более древних аллювиальных отложений. Так, обычно приписываемая прирусловым валам крупная, падающая от реки косая слоистость в действи-

Соотношение между направлением русла и направлением падения слоистости в осадках современных прирусловых валов

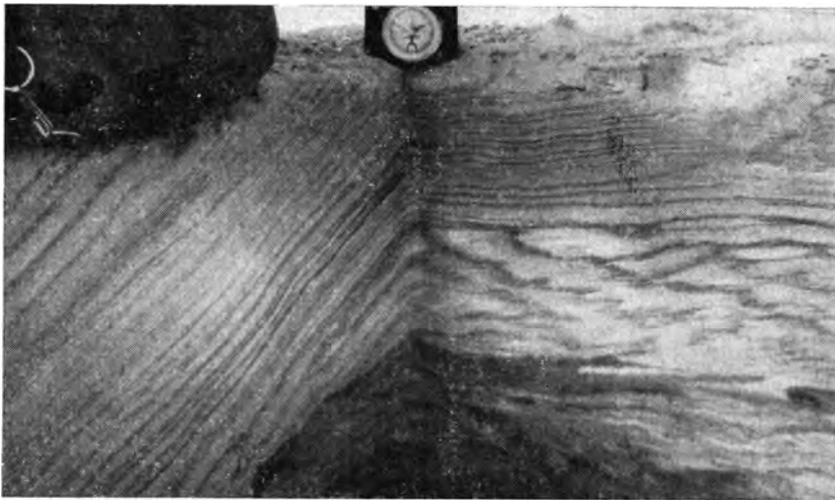
Морфологические элементы поверхности вала	Элементы слоистости	Частота встречаемости направления падения слоистости, %			
		к реке	по вниз течению реки	от реки	против течения реки
Склон вала, обращенный к реке	Слойки	33	59	6	2
	Границы серий	28	56	12	4
Вершина вала	Слойки	21	50	29	0
	Границы серий	36	46	18	0
Склон вала, обращенный от реки	Слойки	9	14	77	0
	Границы серий	14	14	72	0

тельности встречается в ядрах пойменных грив сравнительно редко. Это нетрудно понять, если учесть, что осадки обращенного от реки крутого склона вала, характеризующиеся этим типом слоистости, играют незначительную роль в сложении вала. Главная же роль принадлежит осадкам, сформированным на вершине вала, проекция которой значительно больше проекции его склонов.

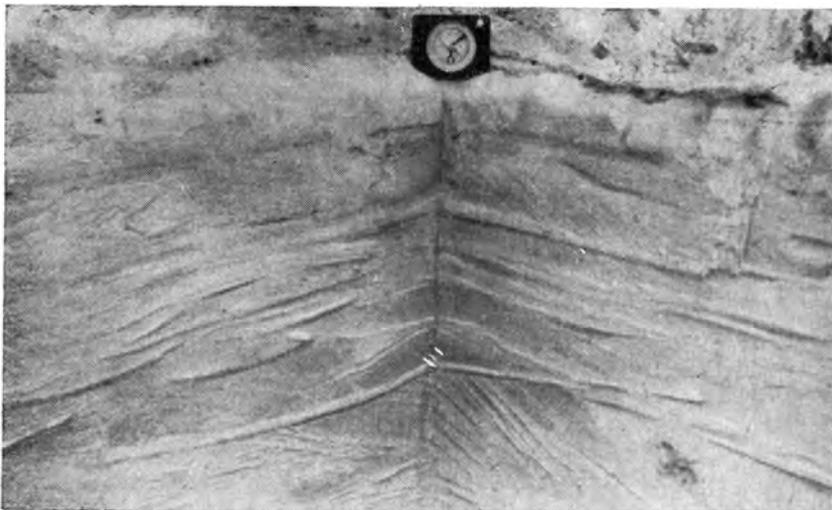
Изучение большого числа разрезов прирусловых валов приводит к заключению, что текстуры осадков валов весьма сильно зависят от крупности слагающих их частиц и, очевидно, от характера гидродинамики потока, отложившего данные осадки. В этом смысле наблюдаются существенные различия в соотношении текстур отложений прирусловых валов не только у различных географических типов аллювия, но и в пределах долины одной и той же реки на разных участках ее течения. На статистическом материале установлено, что вниз по течению Днепра происходит закономерное уменьшение крупности осадков одних и тех же фаций, в частности осадков прирусловых валов. Одновременно с этим изменяются и соотношения их текстур.

В районе Канева ширина современных прирусловых валов Днепра от 30 до 140 м (чаще 60—80 м), высота 2—4 м. Сложены валы мелко- и среднезернистыми песками с $Md=0,20-0,26$ мм и $S_0=1,20-1,35$. Поверхностная корка заиления маломощна и представлена песчаными алевритами с $Md=0,08-0,10$ мм и $S_0=1,53-1,65$. Преобладающим типом слоистости является косая (диагональная) с мощностью серий до 0,25—0,5 м (фиг. 28). Подчиненное значение имеет мелкая косая, а также косоволнистая слоистость ряби течения. Поверхностная корка заиления характеризуется тонкой пологой слоистостью.

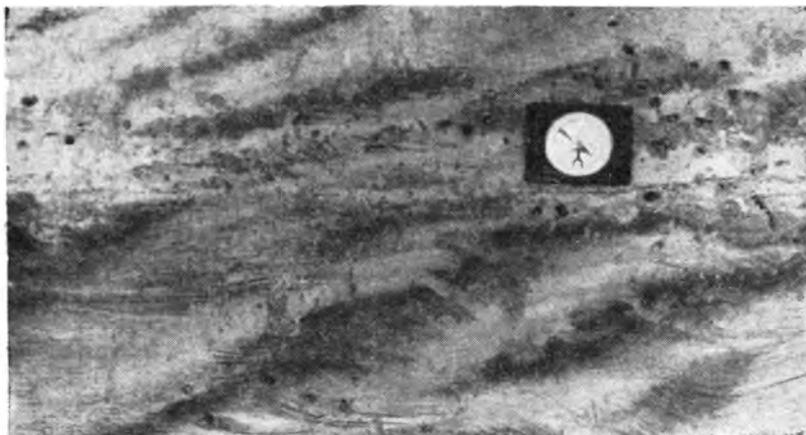
Ниже по течению Днепра, в пределах Кременчугского водохранилища, размер прирусловых валов почти не изменяется. Осадки же их приобретают более мелкозернистый состав ($Md=0,18-0,22$ мм, $S_0=1,18-1,35$) и несколько иной характер текстур. В общем здесь также преобладает косая (диагональная) слоистость, но уже значительно более мелкая по масштабу (фиг. 29). Крупная косая слоистость фиксируется только на крутых склонах валов. Часто в разрезах, особенно в их основании, наблюдается косоволнистая слоистость ряби течения, реже — волнения. Нередко слоистость вообще не проявляется вследствие хорошей сортировки материала и деятельности корневой системы



Фиг. 28. Крупная косая (диагональная) слоистость в песках прируслового вала на крутом его склоне, обращенном от реки. На правой стенке расчистки видна слоистость ряби течения (направление течения реки слева направо). Район Канева на Днестре



Фиг. 29. Мелкая косая (диагональная) слоистость в песках невысокого прируслового вала. Расчистка на вершине вала. Азимут простирания правой стенки расчистки совпадает с направлением вала и реки (течение: слева направо). Район Кременчугского водохранилища на Днестре



Фиг. 30. Крупная косоволнистая слоистость смещенной ряби течения в песках погребенного прируслового вала р. Десны в районе г. Чернигова (обн. 16)

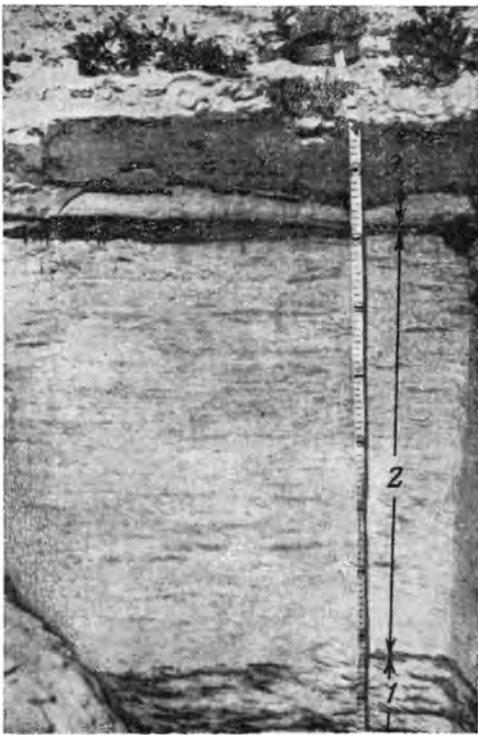
растений. Поверхность валов сравнительно часто покрыта мало-мощной алевритовой коркой заиления. Там, где она отсутствует, поверхностные пески обычно перевеяны ветром до глубины 5—15 см.

В районе Днепрово-Каменки в осадках прирусловых валов чаще всего встречается косоволнистая (обычно смещенная) слоистость ряби течения. Реже распространена мелкая косая (диагональная) и пологая слоистость. Иногда слоистость вообще не проявляется. Алевритовая покрывка валов становится мощнее и содержит большее количество растительного детрита и глинистых частиц ($Md=0,03—0,04$ мм, $S_o=2,70—2,86$). Изменение характера текстур осадков сопровождается дальнейшим уменьшением их гранулометрического состава ($Md=0,16—0,21$ мм, $S_o=1,15—1,32$).

На Десне прирусловые валы развиты значительно меньше, чем на Днестре. Так, в районе Чернигова свежие валы обычно имеются только в пределах вершин меандров (см. фиг. 46). Выносы песчаного материала на пойму в виде наложенных прирусловых валов наблюдаются чаще, однако они имеют малую мощность и морфологически почти не выражены. Прирусловые валы сложены мелкозернистыми песками ($Md=0,13—0,15$ мм, $S_o=1,15—1,20$), реже — алевритовыми песками. Эти осадки содержат много растительного детрита, глинистого вещества, а также незначительное количество карбонатов в виде тонкого детрита и отдельных раковин моллюсков (некропланктон). Поверхность высоких валов обычно покрыта достаточно мощной (5—10 см) коркой заиления алевритового состава ($Md=0,06—0,02$ мм, $S_o=1,60—1,92$). Резко преобладающим и почти единственным типом слоистости в осадках является косоволнистая, обычно смещенная слоистость ряби течения, которая, в отличие от сходных по текстуре осадков русловой отмели, имеет более крупный масштаб (фиг. 30). Осадки наложенных прирусловых валов по составу и текстурам ничем существенным не отличаются от отмеченных выше осадков первичных валов.

Современные прирусловые валы Оки в районе Спасска-Рязанского, так же как и на Десне, слабо выражены в рельефе и наблюдаются обычно у вершин меандров.

По сравнению с аналогичными фациями Десны и особенно Днестра осадки прирусловых валов Оки отличаются большим разнообразием



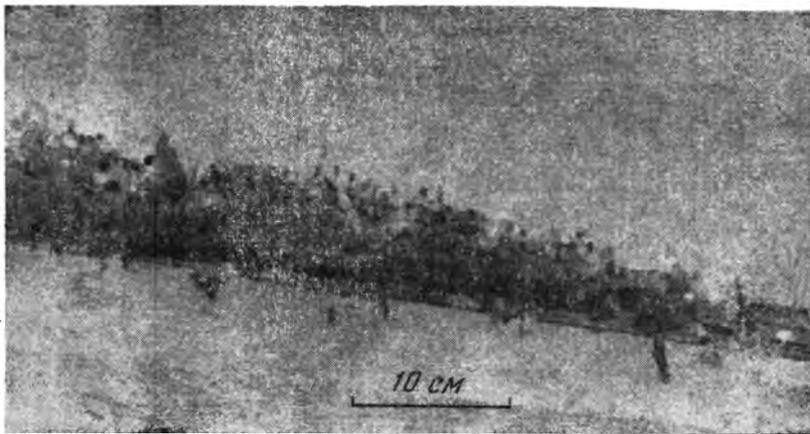
Фиг. 31. Мелкая косоволнистая слоистость ряби течения в песках прируслового вала (слои 1 и 2). В глинисто-алевритовой покрывке вала (слой 3) слоистость имеет пологоволнистый характер. Обн. 212а в пойме р. Оки в районе Спасска-Рязанского



Фиг. 32. Заиленные осадки прируслового вала р. Оки в районе Спасска (обн. 212). В верхней части расчистки видны биогенные текстуры смятия (следы копыт)

механического состава. Преобладающими их разностями являются отмытые мелкозернистые пески с $Md=0,17-0,19$ мм и $S_o=1,14-1,27$. Прослой заиления, особенно ярко выраженные на поверхности валов, представлены обычно легкими и средними супесями (крупными алевритами) с $Md=0,09-0,07$ мм и $S_s=1,98-3,47$; однако нередко среди них встречаются и суглинки (мелкие алевриты и пелиты) с $Md=0,05-0,01$ мм и $S_o=3,56-4,62$. Все типы осадков прирусловых валов Оки, в отличие от их аналогов на Десне, некарбонатны. Преобладающим типом слоистости является мелкая косоволнистая слоистость ряби течения, подчеркиваемая включением глинистого вещества и тонкого растительного детрита (фиг. 31). Прослой заиления обычно характеризуются тонкой пологой, слегка волнистой слоистостью. В них также часто наблюдаются текстуры подводных оползней (см. фиг. 38) и биогенного смятия (фиг. 32), подобные описанным ранее в осадках заиленных русловых отмелей. В редких случаях на крутых склонах валов встречается крупная косая (диагональная) слоистость.

Итак, из приведенных выше обобщенных данных об осадках прирусловых валов Днепра, Десны и Оки можно заключить, что различная степень развития прирусловых валов, состав их осадков и характер текстур тесно связаны с особенностями гидрологического режима рек и зависят в первую очередь от гидродинамической активности и соотношения между влекомыми и взвешенными наносами указанных рек.



Фиг. 33. Глинисто-алевритовый прослой в песках, сплошь переработанный ходами мелких землероев. Отложения прируслового вала, переходящие в фацию приречной поймы. Обн. 16 в пойме р. Десны в районе Чернигова

В осадках прирусловых валов встречены почти все типы слоистости, которые отмечались ранее при характеристике фации русловой отмели. Преобладающими типами здесь также являются: 1) косоволнистая, обычно смещенная слоистость ряби течения и 2) косая (диагональная) слоистость различного масштаба; кроме того, встречаются: 3) пологонаклонная слоистость облекания поверхности валов, 4) мелкая слоистость ветровой ряби, 5) волнистая слоистость ряби волнения. Встречаются также вторичные текстуры смятий (подводного оползания, следов вытаптывания скотом и др.).

Общая характеристика указанных типов слоистости была дана в предыдущем разделе. Здесь лишь отметим некоторые существенные особенности текстур отложений прирусловых валов.

Песчаные осадки валов в общем значительно лучше отсортированы, чем пески отмелей. Исключительная однородность их состава ($S_0 = 1,12—1,09$) часто обуславливает неясный характер слоистости, а иногда и отсутствие ее. Дополнительным фактором в этом отношении является деятельность корневой системы кустарников и деревьев, поселяющихся на поверхности валов.

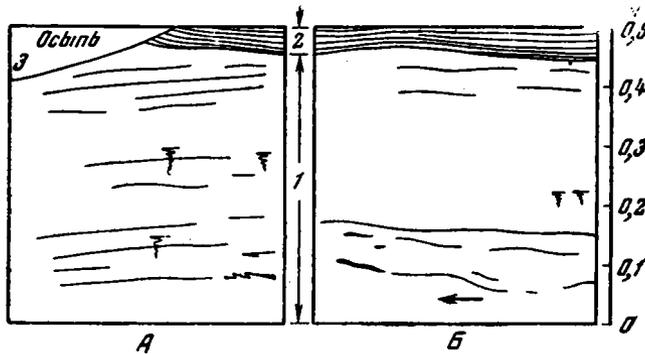
Косая (диагональная) слоистость, наблюдаемая в осадках прирусловых валов, генетически совершенно отлична от сходной по виду, но несколько меньшей по масштабу диагональной слоистости русловых песков. Последняя отражает динамику движения наносов в форме закономерно построенных песчаных волн. Это внутрислоевая тонкая слоистость. Крупная же диагональная слоистость внутренних склонов прирусловых валов представляет собой скорее облекающую слоистость выносимого водой материала, связанную с перепадом скоростей течения. Масштаб слоистости в этом случае оказывается большим (до 0,5—0,8 м).

Прирусловые валы, достигшие оптимального развития, обычно продолжают свой рост в значительной степени за счет взвешенных наносов и могут таким образом переходить в собственно пойменные осадки. При замедлении роста валов существенную роль в преобразовании их первичных текстур играют процессы почвообразования в широком смысле слова, в том числе деятельность мелких землероев (червей, насекомых и их личинок и др., фиг. 33) и корневой системы растительности.

Ниже приведено описание нескольких разрезов современных прирусловых валов с характерными типами текстур их осадков.

Обнажение 224. Молодой прирусловый вал в районе Днепрово-Каменки (точка 14 на фиг. 2). На пологом склоне вала, обращенном к реке, расчисткой 224 вскрыто (фиг. 34, снизу вверх):

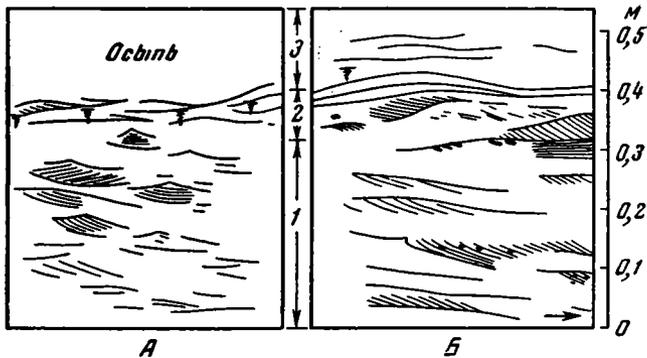
- | | |
|--|-------------------|
| | Мощность, м |
| 1. Песок мелкозернистый ($Md=0,24$ мм, $S_o=1,23$), светло-серый, полого-слоистый. Из-за большой однородности песка слоистость выражена слабо и лишь едва подчеркивается включениями растительного детрита, главным образом по границам серий. Мощность последних 0,20—0,07 м. В поперечном направлению реки разрезе углы падения слоев и границ серий 2—3° (к реке), а в параллельном реке разрезе слоики и границы серий слабо наклонены по течению реки (0—3°, обычно 1°) | 0,45
(видимая) |
| 2. Песок мелкозернистый ($Md=0,20$ мм, $S_o=1,21$), светло-серый, однородный. Слоистость пологая, более мелкая и лучше выраженная по сравнению со слоем 1, образующая одну серию. Слоики имеют мощность 1—1,5 мм и залегают почти горизонтально (наклон до 1°), в общем параллельно подошве серии | 0,05 |
| 3. Песок мелкозернистый, светло-серый, очень рыхлый, перевеянный ветром (осыпь) | 0,10—0,02 |



Фиг. 34. Зарисовка пологой слоистости в песках современного прируслового вала на склоне, обращенном к реке (обн. 244). Район Днепрово-Каменки. В слое 1 слоистость выражена менее ясно

Обнажение 225. На вершине того же вала закопушей пройдено (фиг. 35, снизу вверх):

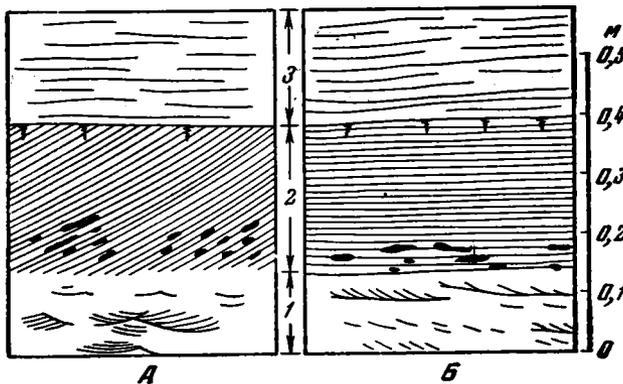
- | | |
|---|-------------------|
| | Мощность, м |
| 1. Песок мелкозернистый ($Md=0,19$ мм, $S_o=1,21$), светло-серый, с косоволнистой слоистостью ряби течения. В разрезе вдоль направления реки (и вала) слоистость вогнутая, слабо срезанная. Углы падения слоев 3—6°, а границ серий — 2°. В подошве слоики выполаживаются. Длина серий доходит до 20 см, а их мощность — до 2—3 см. Отдельные небольшие части серий (обычно в их подошве) сложены средне- и крупнозернистым песком. В поперечном разрезе слоистость срезана значительно больше и нередко имеет перекрестный (мульдообразный) характер. Углы падения слоев 8—11°, а границ серий — 4—6°. В целом слоистость проявляется плохо из-за однородности песка | 0,45
(видимая) |
| 2. Песок мелкозернистый ($Md=0,16$ мм, $S_o=1,19$), светло-серый, с косоволнистой слоистостью, пронизанный многочисленными корнями растений. Слоистость имеет вид смещенной ряби течения и подчеркнута тонким растительным детритом. Мощность серий доходит до 2—3 см, а длина их — до 10—20 см | 0,07—0,10 |
| 3. Песок мелко- и среднезернистый, светло-серый, неяснослоистый, очень рыхлый, перевеянный ветром (осыпь) | 0,10 |



Фиг. 35. Характер слоистости на вершине того же вала (обн. 225). В слоях 1 и 2 слоистость косоволнистая, в слое 3 — неясная

Обнажение 226. В пределах того же вала на склоне, обращенном от реки, расчисткой вскрыто (фиг. 36, снизу вверх):

- | | |
|---|----------------------------------|
| 1. Песок мелкозернистый ($Md=0,23$ мм, $S_o=1,20$), светло-серый, с неясной косоволнистой слоистостью мелкой ряби течения обычного типа (как в слое 1, фиг. 35) | Мощность, м
0,20
(видимая) |
| 2. Песок мелкозернистый ($Md=0,24$ мм, $S_o=1,19$), светло-серый, слагающий одну косослоистую серию. Слоистость обусловлена включением мелкой растительной крошки (в основном в подошве слойков) и в незначительной степени — различием в гранулометрии. В разрезе вдоль направления реки (и вала) слоистость пологая. Углы падения слойков $5-8^\circ$, а их мощность — $1-2$ мм. В другом разрезе слоистость косая. Слойки наклонены от реки под углом $23-24^\circ$, к подошве они выполаживаются. Нижняя граница серии горизонтальная | 0,25 |
| 3. Песок мелкозернистый ($Md=0,25$ мм, $S_o=1,22$), светло-серый, очень рыхлый, с неясной пологой слоистостью. Углы падения слойков $3-7^\circ$ (от реки) | 0,20—0,30 |

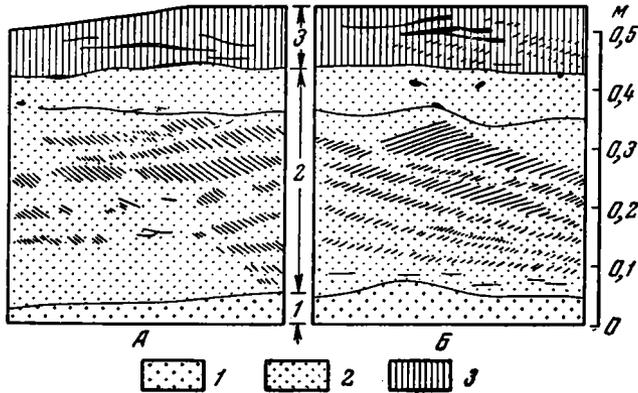


Фиг. 36. Характер слоистости в осадках того же вала на обратном от реки склоне (обн. 226). В слое 1 слоистость косоволнистая, в слое 2 — косая, в слое 3 — пологая

Обнажение 246. Современный прирусловый вал р. Десны, постепенно переходящий в описанную ранее русловую отмель (см. фиг. 11). На внутреннем крутом склоне вала, в точке 8г, закопушей пройдено (фиг. 37, снизу вверх):

- | | |
|---|----------------------------------|
| 1. Песок мелкозернистый ($Md=0,14$ мм, $S_o=1,15$), светло-серый, рыхлый, с неясной косой слоистостью | Мощность, м
0,10
(видимая) |
|---|----------------------------------|

2. Алеврит мелкопесчаный ($Md=0,09$ мм, $S_o=1,60$), буровато-серый, слабо вскипающий с HCl, с косоволнистой слоистостью ряби течения, подчеркнваемой тонким растительным детритом и глинистым веществом. Средняя мощность косоволнистых серий 5 см. В разрезе вдоль направления реки наклон границ серий доходит до $10-14^\circ$ (против течения). В поперечном разрезе углы падения границ серий составляют $10-5^\circ$ (от реки). В целом к подошве слоя 2 косоволнистые серии утончаются и выполаживаются. В верхней своей части слой имеет более однородный состав, вследствие чего слоистость проявляется неясно 0,40
3. Алеврит ($Md=0,04$ мм, $S_o=1,66$), светло-бурый, с мелкой косоволнистой слоистостью обычного типа. Наклон границ серий равен $2-5^\circ$. Слой 3 слабо вскипает с HCl и содержит редкие мелкие пятна ожелезнения 0,10



Фиг. 37. Зарисовка косоволнистой слоистости в осадках современного прируслового вала р. Десны на обратном от реки склоне (обн. 246).

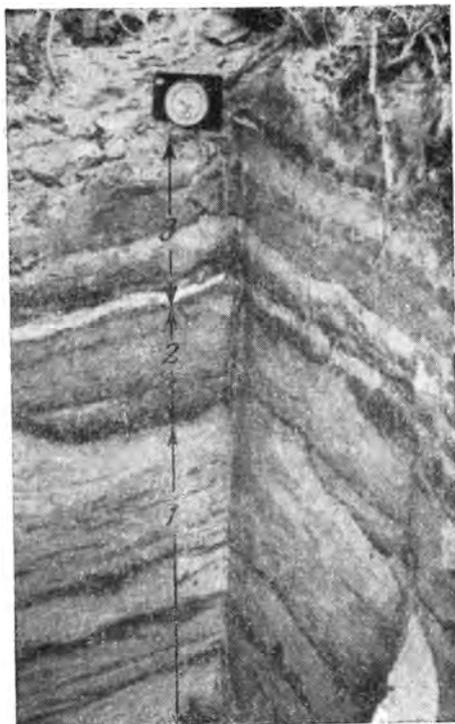
1 — мелкозернистый песок; 2 — алеврит мелкопесчаный, 3 — алеврит

Обнажение 211: Невысокий прирусловый вал р. Оки, круто спускающийся к русловой отмели низкого уровня (у створа 2—2 на фиг. 53). На крутом внутреннем склоне вала расчисткой 211 вскрыто (фиг. 38, снизу вверх):

1. Слой, состоящий из чередования светлых и темных прослоек. Первые имеют мощность до 2—3 см и представлены мелкозернистым ($Md=0,15$ мм, $S_o=1,22$) светло-серым однородным песком. Темные прослойки имеют в целом мощность от 4 до 6 см и состоят из тонкого чередования мелкозернистого светло-серого песка (3—5 мм) и темно-бурого алеврита (1—2 мм).
Темные и светлые прослойки образуют в целом одну крупную косослоистую серию сезонно-ритмичного (?) характера. В разрезе вдоль направления реки и вала прослойки наклонены под углом $22-25^\circ$ (вниз по течению реки), в поперечном разрезе они имеют наклон $20-24^\circ$ (от реки). Истинные углы падения их равны $28-31^\circ$. Преобладающее направление падения прослоек составляет с направлением реки 64° 0,60 (видимая)
2. Слой, состоящий из неправильного чередования мелкозернистого светло-серого песка ($Md=0,15$ мм, $S_o=1,20$) и бурого мелкопесчаного алеврита ($Md=0,09$ мм, $S_o=2,50$). Нижняя часть слоя чрезвычайно сильно смята в мелкие неправильные складки, обычно с разрывами слоев. Средняя часть слоя 2 представлена мелкозернистым светло-серым однородным неслоистым песком ($Md=0,15$ мм, $S_o=1,20$). Верхняя часть слоя состоит из мелкозернистого буровато-серого глинистого песка с неправильной косоволнистой слоистостью, местами слабо смятой в пологие складки.
Текстуры смятия в слое 2, по-видимому, обусловлены оползанием обводненного осадка по склону вала 0,30
3. Покрышка заиления — алеврит ($Md=0,07$ мм, $S_o=2,88$) светло-бурый, плотный, с очень тонкой пологоволнистой слоистостью. В подошве слоя залегает тонкий (до 1 см) прослоек бурого пелита с $Md=0,006$ мм и $S_o=4,44$. 0,03—0,07



Фиг. 38. Крупная косая (диагональная) слоистость ритмичного характера в осадках невысокого прируслового вала р. Оки в районе Спасска-Рязанского (обн. 211). В слое 2 видны текстуры оползания обводненного осадка по склону вала

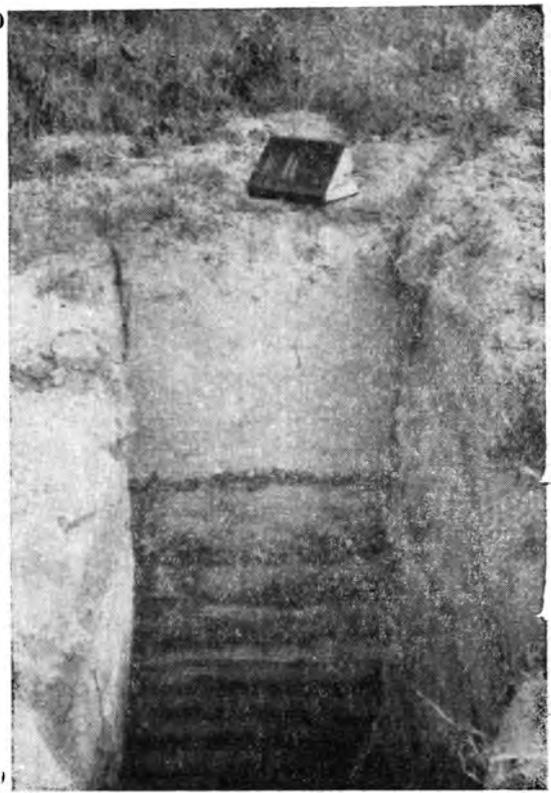


Фиг. 39. Постепенный переход песков прируслового вала (слой 1) в ритмично-слоистые осадки фации приречной поймы (слой 3). Обн. 272 в пойме р. Оки близ г. Спасска-Рязанского

Обнажение 272. Прирусловый вал Оки в районе г. Спасска-Рязанского (точки 76 и 7в на фиг. 53). На внешнем склоне вала, близко от его вершины, закопушей 272 пройдено (фиг. 39, снизу вверх):

- | | мощность, м |
|---|-------------------|
| 1. Слой, состоящий из мелкозернистого буровато-серого песка ($Md=0,16-0,15$ мм, $S_o=1,21-1,22$) и подчиненных ему более темных редких прослоек глинистого песка и крупного алеврита. В верхней части слоя 1 наблюдается очень мелкая косоволнистая слоистость ряби течения, подчеркиваемая глинистым пигментом и имеющая мощность 2—3 см. Нижняя часть слоя характеризуется неясной слоистостью. Здесь же кое-где встречаются ходы мелких землероев | 0,60
(видимая) |
| 2. Переходный слой — алеврит крупный ($Md=0,08$ мм, $S_o=1,71$), буровато-серый, с очень мелкой косоволнистой слоистостью ряби течения. В слое наблюдаются редкие тонкие (1—2 см) прослойки супеси, а также ходы мелких землероев до 1 см в поперечнике | 0,15 |
| 3. Пойменный наилок, состоящий из ритмично чередующихся прослоек желтовато-серого мелкозернистого песка ($Md=0,13$ мм, $S_o=1,24$) и буровато-песчаного алеврита ($Md=0,08$ мм, $S_o=1,99$). Прослойки песка имеют мощность 2—8 см, прослойки алеврита — 3—12 см. Чередование песчаных и алевритовых прослоек образует горизонтальную или очень пологую слоистость. Границы прослоек чрезвычайно неровные за счет взаимного проникновения их материала по мелким (до 1 см) ходам землероев — червей, насекомых и их личинок | 0,40 |

Расчистка 272 примечательна тем, что в ней видно, как пески прируслового вала (слой 1) постепенно, без перерыва переходят в собственно пойменные ритмично наслоенные осадки (слой 3). Вверх по разрезу пески, слагающие вал, утоняются и все чаще переслаиваются с супесями. Это можно связать с ослаблением гидродинамической активности потока, который все с большим трудом и все в меньшем количестве выносит влекомые наносы на вал по мере роста последнего. Замедление темпа аккумуляции осадков вала и обогащение их органическим веществом приводит к усилению деятельности мелких землероев (червей, личинок), перерывающих эти осадки. В конце концов аккумуляция влекомых наносов вала затухает до такой степени, что вместо них начинают отлагаться из взвесей собственно пойменные осадки. Однако в некоторые сезоны гидродинамическая активность потока может настолько усиливаться, что поверх сформировавшихся собственно пойменных осадков вновь отлагаются достаточно крупные влекомые наносы. Такая субфация своеобразного наложенного вала мощностью 0,5—0,45 м вскрыта в одной из расчисток в 30—35 м от обн. 272 (фиг. 40). Эти наложенные осадки представлены мелкозернистыми ($Md=0,18$ мм, $S_o = 1,27$) желтовато-серыми песками, которые вследствие своей однородности, а также отсутствия глинистого пигмента или растительного детрита не имеют ясной слоистости.



Фиг. 40. Неяснослоистые пески наложенного прируслового вала, залегающие поверх ритмично-слоистых осадков фации приречной поймы. Обн. 273 в пойме р. Оки в районе г. Спасска-Рязанского

Фация приречной поймы

Е. В. Шанцер (1951) выделяет среди собственно пойменных отложений ряд фаций, приуроченных к двум основным зонам поймы — приречной и внутренней. Первая зона включает следующие фации: 1) ленточную, 2) бочагов и завалов, 3) линзовиднослоистых суглинков и супесей, 4) скрытослоистых супесей и суглинков. Во внутренней зоне поймы различаются: 1) фация суглинков и супесей с гумусовыми прослоями и 2) фация пойменных почв. Почти такой же фациальной схемой придерживается в своей работе и Ю. А. Лаврушин (1961).

Все названные фации выделены Е. В. Шанцером исключительно по литологическим, главным образом текстурным признакам, что

является известным отходом от его же четкой фациально-генетической схемы расчленения аллювия. Намеченная последовательность пойменных фаций, во-первых, представляет собой идеальную схему и, во-вторых, относится к поймам с хорошо развитым суглинистым покровом (типа волжской). Поэтому естественно, что для различных типов аллювия соотношение выделенных Е. В. Шанцером пойменных фаций может быть существенно отличным.

Изучение характера современного пойменного аллювия Днепра, Десны и Оки показывает, что в общем собственно пойменные осадки указанных рек имеют однотипное сложение. Большая часть этих осадков имеет хорошо выраженную горизонтальную и пологую слоистость сезонно-ритмичного характера. Среди них обычны и гумусированные прослойки, которые можно по существу рассматривать как недоразвитые пойменные почвы. Другая значительная часть пойменных отложений представлена хорошо выраженными почвами различных типов.

Учитывая сказанное, а также литологическое направление настоящей работы, автору пришлось отказаться от дробного фациального расчленения пойменных осадков и свести последние к двум крупным фациям — приречной и внутренней поймы, вкладывая в эти понятия литолого-генетический, а не топографический смысл. Наиболее существенным критерием для различения этих фаций является, с точки зрения автора, наличие или отсутствие в них первичной слоистости. Следует иметь в виду, что отсутствие слоистости в пойменных осадках отнюдь не является первичногенетическим признаком, но свидетельствует о достаточно сильном воздействии на них процессов почвообразования в широком смысле этого слова. В принципе любой слоистый осадок поймы при благоприятных для почвообразования условиях может потерять свою первичногенетическую текстуру. К этому выводу приводят многочисленные наблюдения над осадками Днепра, Десны и Оки.

Итак, к фации приречной поймы отнесены осадки с хорошо различимой горизонтальной и пологой слоистостью ритмичного характера, представленной чередованием более светлых (обычно песчаных) и более темных (супесчаных, суглинистых) прослоев, отложенных во время основной фазы и спада половодья. Эти осадки можно отождествить с фацией ленточной и с фацией линзовиднослоистых суглинков и супесей по схеме Е. В. Шанцера (1951). Фация внутренней поймы представлена почвами лугового типа, обычно с хорошо выраженной в их профиле «зернистой» структурой. Переходными разностями осадков между двумя отмеченными фациями можно считать достаточно развитые неслоистые или скрытослоистые гумусированные прослойки, залегающие между слоистыми пойменными осадками или поверх них.

Весьма существенное влияние на характер пойменных осадков оказывает рельеф поймы. Так, одни и те же слои на гребнях грив и на дне рядом же расположенных межгривных ложбин всегда существенно отличаются по гранулометрическому составу, величине рН, содержанию органического вещества и ряду других признаков, а иногда даже могут быть отнесены к разным фациям. Главной причиной такого различия в характере осадков является их неодинаковое гипсометрическое положение, что влияет через уровень грунтовых вод на развитие растительного покрова, а также на интенсивность процессов почвообразования. Особого пояснения это обстоятельство не требует.

Систематических литологических наблюдений над современными пойменными осадками в геологической литературе пока еще мало.

Приводимые в работах Е. В. Шанцера (1951), коллектива авторов под редакцией Ю. А. Жемчужникова (Аллювиальные отложения... 1954), Ю. А. Лаврушина (1961) и других исследователей данные касаются в основном текстур пойменных отложений. Многие из этих данных включены в наиболее полную новейшую сводку Л. Н. Ботвинкиной (1962).

Из приводимого в монографии Л. Н. Ботвинкиной материала, касающегося главным образом угленосных отложений, можно заключить, что пойменные отложения понимаются ею очень широко, включая сюда фацию прирусловых валов и, возможно, даже верхние части русловых отмелей. Многие зарисовки текстур представляют различные модификации мелкой косоволнистой слоистости ряби течения. Кроме того, для пойменных отложений указываются пологоволнистая и горизонтальная слоистость.

Но вернемся к современным собственно пойменным осадкам равнинных рек. Данные Е. В. Шанцера (1951) по некоторым рекам Европейской равнины, Ю. А. Лаврушина (1961) по Енисею и наши по Днепру, Десне и Оке показывают, что в собственно пойменных осадках, отложившихся из взвесей, безраздельно господствует пологая, почти горизонтальная слоистость ($\leq 3-4^\circ$), облекающая неровности и следующая уклону поверхности пойменного микро рельефа. Эта слоистость, как уже отмечалось ранее, имеет ярко выраженный сезонно-ритмичный характер и представлена чередованием светлых, более песчаных и темных, более глинистых прослоек, отвечающих основной фазе и концу половодья. Е. В. Шанцер (1951) указывает, что верхняя граница глинистых прослоек гораздо более резкая, чем нижняя, что связывается им с постепенным спадом половодья. Однако из этого вполне логичного правила есть много исключений. Так, Ю. А. Лаврушин (1961, стр. 27) часто наблюдал резкую границу между кровлей песчаных и подошвой суглинистых прослоек. Он объясняет это резким спадом вод в конце половодья, что вообще характерно для рек субполярного пояса. Такие же примеры резких контактов наблюдались мною во множестве случаев в приречно-пойменных осадках Днепра, Десны и Оки. Не сбрасывая совсем со счетов возможных причин гидрологического характера, основное объяснение этого явления следует видеть в другом обстоятельстве, на которое до сих пор почему-то не обращали внимания. Речь идет в данном случае о деятельности мелких землероев-червей, насекомых и их личинок и др. При изучении многочисленных свежих разрезов в закопушах и шурфах выяснилось, что все без исключения пойменные отложения, начиная с самых новейших, интенсивно переработаны мелкими землероями, ходы которых составляют в поперечнике обычно около 0,5—1 см. В результате границы между темными и светлыми прослойками могут настолько стираться, что часто первичный характер слоистости устанавливается с большим трудом или вовсе отсутствует. Такие же факты отмечал еще Е. В. Шанцер (1951, стр. 129), как это видно из следующих его слов: «Они (песчаные и более глинистые прослойки.— А. Л.) проникают друг в друга мелкими сосочками, язычками и карманами, образуя тесно связанную пару». Однако относительно причин и механизма этого явления Е. В. Шанцер не высказывался. Следует еще иметь в виду, что в естественных обнажениях, служивших для Е. В. Шанцера и других исследователей главными объектами изучения, текстуры пойменных осадков, в том числе и выполнения ходов землероев, видны гораздо хуже, чем в свежих закопушах. Этим, вероятно, в значительной степени и объясняется тот факт, что деятельность мелких землероев не была должным образом оценена раньше и фактически выпала из поля зрения исследователей. А между тем эта



Фиг. 41. Реликты слоистости в осадках, переходных от фации приречной поймы к фации внутренней поймы. На снимке видно, что пологие светлые прослойки песка, подвергшиеся сильной переработке ходами мелких землероев (червей, личинок и др.), превратились в отдельные изолированные линзочки. Район Кременчугского водохранилища на Днепре

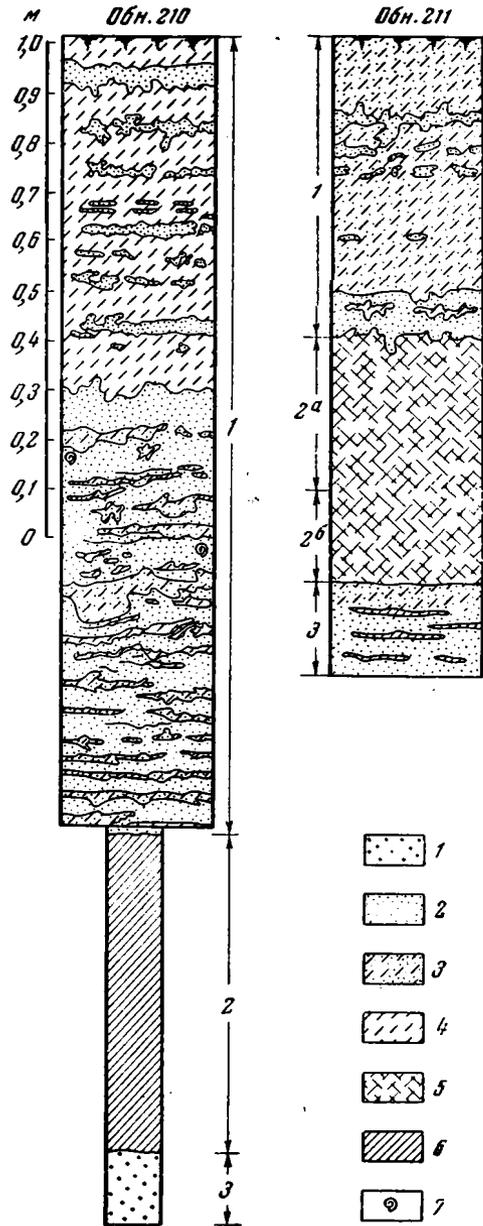


Фиг. 42. Осадки фации приречной поймы, залегающие с размывом на песках погребенного прируслового вала. Район Днепрово-Каменки

деятельность имеет громадное значение и вместе с другими агентами почвообразования (деятельностью корневой системы растений, крупных землероев-грызунов, вертикальным перемещением минеральных масс под действием инфильтрующихся и грунтовых вод и др.) приводит к маскировке или полному исчезновению первичной слоистости в осадках и превращению их в неслоистые и неслоистые образования (фиг. 41).

Однако главным фактором, контролирующим этот процесс и обуславливающим ту или иную «физиономию» осадков, является все же темп седиментации на пойме.

Скорость пойменного осадконакопления весьма сильно зависит от геоморфологических условий. Статистический подсчет количества сезонных пар прослоек и учет их мощности показывает, что скорость седиментации пойменного аллювия в межгрядных ложбинах почти в полтора—два раза больше, чем на гривах. Оперирование для этой цели абсолютными цифрами требует осторожности. Дело в том, что не всегда и не все сезонные прослойки хорошо выражены в разрезе и часто могут быть легко пропущены при подсчете. Кроме того, нередко слои могут залегать друг на друге с размывом, вследствие чего часть их может выпадать из разреза, а разновозрастные, но литологически сходные разности могут объединяться. Этим, возможно, как раз и объясняется тот факт, что мощность сезонных пар прослоек в пойменном аллювии Днепра ничуть не уступает мощности их аналогов в пойменных осадках Десны и Оки, несмотря на то, что в целом мощность пойменного аллювия Десны и Оки значительно больше, а скорость его накопления заведомо выше, чем на Днепре. Наконец, следует иметь в виду и то, что некоторые слои на гривах могут просто



Фиг. 43. Размеры пойменных осадков р. Днепра в районе Днепрово-Каменки (обн. 210 — в межгрядной ложбине, обн. 211 — на гриве):

1 — песок мелко-среднезернистый; 2 — песок мелкозернистый; 3 — супесь мелкопесчаная; 4 — супесь пылеватая; 5 — суглинки и супесью гумусированные (погребенная почва); 6 — суглинок пылеватый; 7 — некропланктон *Viviparus viviparus* (L.)

выклиниваться в связи с неполным затоплением поймы при низких паводках. Все же в качестве средней цифры скорости осадконакопления (в основном для поймы Оки и Десны) можно привести 2—2,5 см/год. Е. В. Шанцер (1951, стр. 129) насчитывал в пойменном наилке от 4—6 до 10—12 пар слоев на 10 см мощности, что дает примерно ту же цифру — 2—1 см/год. Изучение большого числа конкретных обнажений показывает, что в целом количество сезонных пар прослоек на единицу мощности осадка увеличивается снизу вверх по разрезу, т. е. скорость накопления пойменного аллювия прогрессивно падает вследствие повышения поверхности поймы и отступления русла в сторону.

Несколько слов о фациальных переходах собственно пойменных осадков в другие отложения. Вниз по разрезу этот переход иногда отмечается размывом подстилающих осадков прирусловых валов, стариц и др. (фиг. 42). Однако в ряде случаев размыва не наблюдается. Так, уже отмечалось ранее, что осадки прирусловых валов могут, все более и более заливаясь в связи с ростом валов, постепенно переходить в пойменные осадки приречной фации (см. фиг. 26, 39). По простиранию, насколько можно судить по обнажениям, пойменные осадки отчетливо, но все же постепенно переходят в старичные и им подобные отложения. Отчетливых контактов собственно пойменных и русловых осадков по простиранию встретить не удалось.

Характер осадков приречно-пойменной фации Днепра, Десны и Оки вкратце освещен ниже на ряде типичных примеров.

На Днестре в районе Днепрово-Каменки одни из наиболее полных разрезов пойменных отложений вскрыты шурфовкой в точках 11а и 11б (см. фиг. 2), расположенных на относительно пониженном участке поймы, примыкающем к протоке Свинокупка.

Поверхность поймы здесь слабоволнистая, с отдельными невысокими гривами и разделяющими их межгривными понижениями, покрытая густым травянистым (злаковым) покровом, дающим достаточно плотный дерн.

Обнажение 211. На невысокой гриве, ориентированной в субмеридиональном направлении и слабо выраженной в рельефе, шурфом 211¹ пройдено (фиг. 43 и 44, сверху вниз):

Мощность, м

1. Осадки приречно-пойменной фации, состоящие из пологослоистого, почти горизонтальнослоистого чередования прослоек супесей (песчаных алевроитов) и подчиненных им песков. В нижних 10 см слоя 1 пески играют преобладающую роль.

Супеси представлены легкими мелкопесчанистыми разностями ($Md=0,11$ мм, $S_0=1,94$) и слегка гумусированы, особенно в верхней части слоя — современной зачаточной почве. Мощность прослоек супеси 5—15 см (в среднем 10 см).

Пески ($Md=0,16$ мм, $S_0=1,20$) образуют прослойки мощностью в 1—5 см (в среднем 2,5 см). В этих прослойках при внимательном рассмотрении видна очень мелкая прерывистая пологоволнистая слоистость, подчеркиваемая примесью тончайшего растительного детрита, а также глинистого вещества. Мощность отдельных темных слоев составляет всего ничтожные доли миллиметра¹.

Песчаные и супесчаные прослойки имеют резкие, но чрезвычайно неровные границы и взаимно проникают друг в друга мелкими язычками прихотливой формы, имеющими 0,5—1 см в поперечнике и представляющими собой выполнения ходов мелких землероев. Эти ходы разрывают тонкие прослойки песка на отдельные изолированные линзочки,

¹ Такая неясная пологоволнистая микрослоистость часто наблюдается в песчаных осадках приречно-пойменной фации Днепра, Десны и, реже, Оки, если эти осадки еще не успели достаточно переработаться ходами мелких землероев. Указанную пологоволнистую микрослоистость никак нельзя смешивать с более крупной (1—3 см и более) косоволнистой слоистостью яри течения, отмечавшуюся раньше в осадках прирусловых валов и верхних частей русловых отмелей.

так что положение самих прослоек часто с трудом угадывается. Углы падения прослоек, замеренные с помощью линейки, составляют $0-3^\circ$ (в среднем 1°).

В слое I повсеместно наблюдаются мелкие пятна ожелезнения (до 1—2 мм), главным образом вертикальные — по ходам корней . . .

0,60

2. Погребенная луговая почва (фашия внутренней поймы).

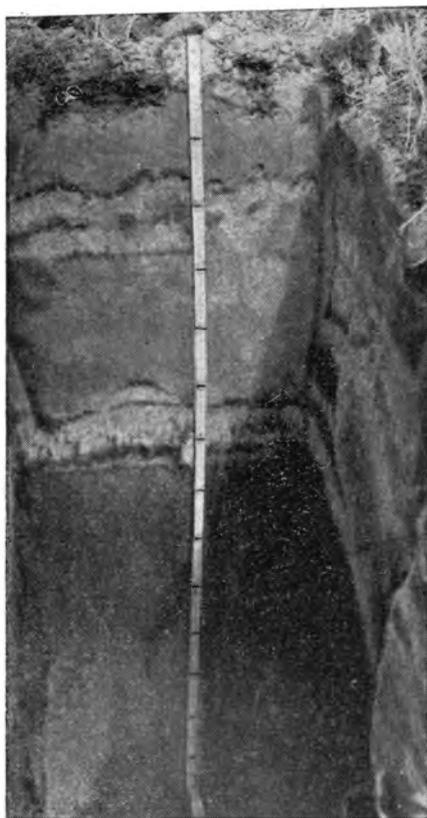
Верхний, гумусовый горизонт (А) представлен буровато-серым неслоистым пылеватым суглинком (мелким алевритом) с $Md=0,03$ мм, $S_o=3,38$, содержащим редкие пятна ожелезнения (до 0,3—0,5 см) по ходам корней. Нижний, элювиальный, горизонт (В) представлен тяжелой супесью (алевроитом) серого цвета, имеющей мелкоореховую структуру и много пятен ожелезнения.

Верхняя часть горизонта А содержит меньше гумуса, чем нижняя его часть, и представляет собой, по существу, более молодую недоразвитую почву. Это связано с ускорением темпа осадконакопления и опережением последним почвообразования, что привело к погребению сформировавшейся луговой почвы под более молодым пойменным наносом (слой I)

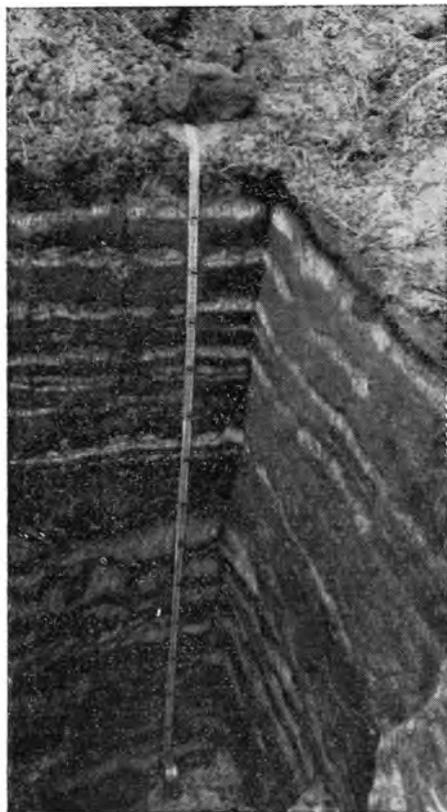
0,50

3. Более старые отложения приречно-пойменной фашии — пологослоистое чередование мелкозернистого песка ($Md=0,19$ мм, $S_o=1,26$) с подчиненными ему очень тонкими и более темными прослойками легкой супеси или глинистого песка. Верхняя часть слоя 3 содержит множество мелких пятен ожелезнения, частично цементирующих песок, а также имеет слабо выраженную мелкоореховатую структуру и слегка окрашена гумусом, вымытым сюда из вышележащей погребенной почвы

0,25
(видимая)



Фиг. 44. Осадки приречно-пойменной фашии, покрывающие погребенную луговую почву (район Днепрово-Камени, обн. 211)



Фиг. 45. Там же. Осадки межгрядной ложбины — фашия приречной поймы (обн. 210, слой I)

Обнажение 210. Рядом, в 15 м от обн. 211, на дне межгрядной ложбины, выходящей к протоке Свинокупка, шурфом 210 вскрыто (фиг. 43 и 45, сверху вниз):

Мощность. *

1. Осадки приречно-пойменной фации, представленные пологослоистым чередованием песчаных и супесчаных прослоек.

В верхней (до 0,75 м) части слоя 1, соответствующей верхним 0,50 м слоя 1 в обн. 211, пески являются подчиненной разностью и имеют мелкозернистый состав ($Md=0,17$ мм, $S_o=1,21$). Цвет их серый, а мощность их прослоек равна 0,5—5 см (в среднем 2 см). Прослойки супеси (алеурита) с $Md=0,03$ мм, $S_o=2,29$ отличаются более интенсивным буровато-серым цветом. Мощность их изменяется от 2 до 15 см, составляя в среднем 5—6 см. Слоистость в верхней части слоя 1 очень пологая, близкая к горизонтальной, сильно переработанная землероями. Наклон слоёв составляет 0—3° к центру ложбины.

В нижней части (0,75—1,60 м) слоя 1, отвечающей нижним 0,10 м слоя 1 в обн. 211, пески становятся преобладающей разностью осадка. Мощность их увеличивается в среднем до 2—7 см, а состав остается прежним: $Md=0,17$ мм, $S_o=1,25$. Супеси здесь становятся более песчанистыми ($Md=0,07$ мм, $S_o=4,20$). Средняя мощность их прослоек 2—4 см. Слоистость в общем пологоволнистая, неправильная, сильно переработанная землероями. Иногда в этой части слоя встречаются раковины *Viviparus viviparus* (L.) — некропланктон 1,60
2. Ниже бурением пройдена погребенная болотная почва — исчерна-серый, очень влажный и сильно обогащенный гумусом суглинок (мелкий алеурит) с $Md=0,02$ мм, $S_o=3,24$, мощностью до 15 см. Еще ниже суглинок сменяется темно-серой средней и легкой супесью (песчаным алеуритом). Слой 2 является аналогом слоя 2 в обн. 211 0,65
3. Еще ниже идут отложения прируслового вала или верхней части русловой отмели, представленные хорошо отмытыми желтовато-серыми, мелко- и среднезернистыми песками 0,15 (видная)

При сравнении обн. 210 и 211 оказывается, что мощность осадков на гриве значительно меньше мощности однотипных и синхронных им осадков межгрядной ложбины.

Последние отличаются более тонким составом (особенно в отношении прослоек супесей), сильнее ожелезнены (в связи с более низким положением здесь зеркала грунтовых вод), содержат больше гумуса и имеют более низкие значения рН, о чем подробно будет сказано в главе IV.

В других местах в районе Днепрово-Каменки собственно пойменные осадки редко достигают такой мощности (1,7—2,0 м), как в шурфах 210 и 211. Обычно мощность их не превышает 1—1,5 м, а ниже их уже обычно идут желтовато-серые отмытые пески с неясной косой слоистостью, принадлежащие фации прируслового вала или верхних частей русловой отмели.

Описанные обн. 210 и 211 показывают пример более мощного накопления пойменных осадков в отрицательных формах рельефа (ложбины) по сравнению с их мощностью на участках положительных форм (гривы). Подобные же явления, которые можно считать общим правилом, наблюдаются и в естественных обнажениях подмываемых берегов Днепра, а также других рек. Правда, в ряде случаев оказывается, что мощность собственно пойменного аллювия меньше всего как раз в межгрядных ложбинах.

Однако в каждом таком конкретном случае изучение характера современного рельефа показывает, что подобные аномальные разрезы приурочены к ложбинам стока полых вод, эродирующих дно этих ложбин.

Мощность приречно-пойменных осадков Днепра закономерно увеличивается вниз по течению. Так, в районе Канева приречно-пойменная фация в среднем имеет мощность около 0,9 м, в зоне Кременчуг-



Фиг. 46. Схема геоморфологического расчленения поймы р. Десны в районе г. Чернигова: 1 — меженные русла рек и водоемы поймы; 2 — современные русловые отмели; 3 — участки интенсивно подмываемого берега; 4 — старичные ложбины, выраженные в рельефе; 5 — эрозийные рывины и ложбины; 6 — простирающие пойменные гривы; 7 — участки развития современных наложенных прирусловых валов; 8 — пересыхающие ручьи; 9 — границы сегментов поймы; 10 — индексы сегментов (трех возрастных генераций); 11 — надпойменные террасы и коренное плато; 12 — местоположения и номера точек наблюдения и отбора образцов; 13 — поперечные пересечения русла р. Десны

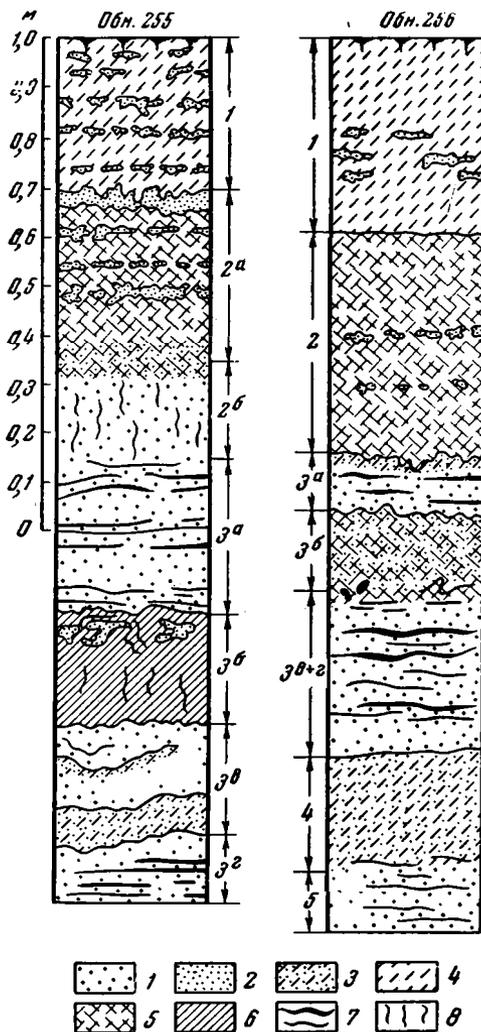
ского водохранилища — 1,1 м, а в районе Днепрово-Каменки — 1,25 м. Это демонстрирует одну из сторон дифференциации аллювия вниз по течению. Подробнее данный вопрос будет освещен в III главе.

В аллювии Десны пойменные отложения, в частности приречно-пойменной фации, развиты значительно больше, чем на Днепре. Они представлены более тонким, главным образом супесчаным (алевритовым) материалом; песчаные разности осадков встречаются гораздо реже и также отличаются тонкозернистостью. Многие пойменные осадки Десны, в отличие от их аналогов на Днепре, слабо карбонатны. Они также содержат больше органического вещества и вследствие этого больше переработаны мелкими землероями. В отношении же текстур, а также фациальных переходов никаких существенных отличий от аналогичных осадков Днепра нет.

Типичный разрез приречно-пойменной фации Десны вскрыт в шурфах 255 и 256 (фиг. 47) близ края сравнительно молодого сегмента поймы (фиг. 46, точка 14). Здесь выделяется система параллельных грив и разделяющих их ложбин, образующих в целом большой полукруг.

Обнажение 255. В шурфе, заложенном на дне межгривной ложбины, выделяются три пачки отложений. Верхняя из них представлена молодыми приречно-пойменными осадками — буроватыми супесями (алевритами) с $Md=0,03$ мм, $S_o=1,92$ и более светлыми алевритовыми песками с $Md=0,07$ мм, $S_o=1,50$. Осадки другой пачки (2) в целом составляют слабо выраженный профиль погребенной луговой поч-

вы с реликтами пологой слоистости в гумусовом горизонте (слой 2а). Отложения пачки 3 образовались в условиях избыточного увлажнения на дне глубокой ложбины. Об этом свидетельствует повсеместное отсутствие ходов мелких землероев, которые столь характерны для субаэральнх, собственно пойменных отложений. Кроме того, в слое 3б, представленном алевропелитом с $Md=0,01$ мм, $S_0=3,31$, наблюдаются сингенетичные текстуры смятия (вытапывания скотом) обводненного осадка. В пачке 3, в отличие от вышележащих осадков, хорошо выражена пологая, слегка волнистая слоистость с наклоном слойков под углом 3—5° к центру ложбины.



Фиг. 47. Разрезы пойменных отложений р. Десны в районе Чернигова (обн. 225 — в межгрядной ложбине, обн. 256 — на гряде): 1 — песок мелкозернистый; 2 — песок алевритовый; 3 — супесь мелкопесчаная; 4 — супесь пылеватая; 5 — супесь гумусированная; 6 — суглинок пылеватый; 7 — алевритовые прослои с пологой слоистостью; 8 — вертикальная трещиноватость

Обнажение 256. Устье шурфа, заложенного на вершине гряды, в 20 м от шурфа 255, превышает устье последнего на 2,0—2,3 м. По сравнению с осадками ложбины характер осадков на гряде существенно изменяется. Во-первых, приречно-пойменные осадки, слагающие две верхние пачки в обн. 256, значительно сильнее затронуты почвообразованием и содержат больше гумуса. В них с трудом могут быть установлены реликты слоистости. Во-вторых, в нижележащих осадках пачки 3 черты субаквальности почти не выражены (в отличие от пачки 3 в обн. 255). Напротив, эти осадки по своему виду близки к типично пойменным и содержат многочисленные выполнения ходов мелких землероев. Слой 3б представляет собой лугово-болотную почву легкосуглинистого (мелко-алевритового) состава с $Md=0,02$ мм, $S_0=2,76$. В целом осадки гряды (обн. 256) лишь немного крупнозернистее аналогичных осадков межгрядной ложбины, но зато существенно превосходят их в мощности.

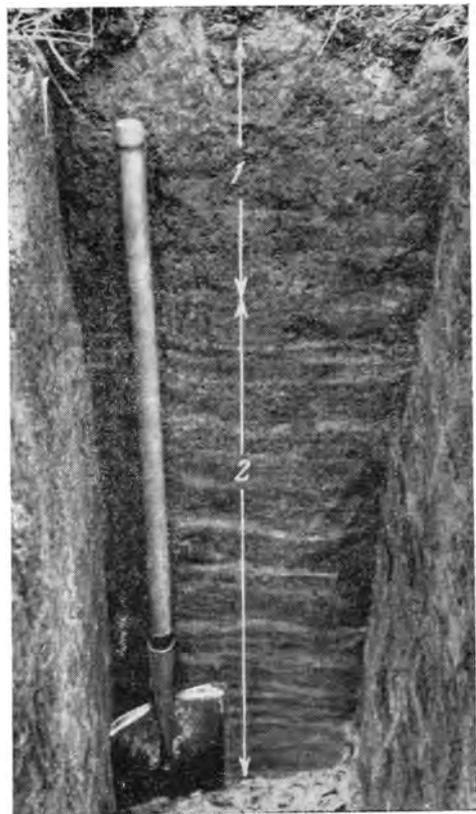
В других разрезах достаточно старых сегментов поймы Десны отложения фации приречной поймы также имеют большую мощность (более 2 м). Обычно вверх по разрезу отчетливо устанавливается прогрессивное замедление скорости их накопления, что проявляется в сокращении мощности сезонных пар слойков, увеличении количества гумусированных прослойков и вообще содержания гумуса в осадках в связи с усилением роли почвообразовательных процессов.

Обычно вверх по разрезу отчетливо устанавливается прогрессивное замедление скорости их накопления, что проявляется в сокращении мощности сезонных пар слойков, увеличении количества гумусированных прослойков и вообще содержания гумуса в осадках в связи с усилением роли почвообразовательных процессов.

В пределах молодых сегментов поймы Десны мощность собственно пойменного аллювия значительно меньше. Это можно видеть в уже упоминавшемся разрезе подмываемого берега молодого сегмента в точках 1а, 1б и 1в (см. фиг. 15, 16, 46).

Говоря о характере отложений приречной поймы Оки в районе Спасска-Рязанского, следует сразу же подчеркнуть, что состав этих отложений в пределах различных по положению и возрасту сегментов поймы заметно отличается. Например, сегменты II₂, III₁, III₉ и другие (см. фиг. 53) сложены преимущественно песчаными осадками, а сегменты I₁, I₂, II₈ и другие отличаются существенно глинистым составом осадков. В последнем случае это обусловлено, по-видимому, влиянием выносов притока Прони, впадающего в Оку как раз поблизости от сегмента I₁.

Обнажение 207. Здесь в точке 11 (см. фиг. 53) можно видеть типичный разрез приречно-пойменных осадков сегмента II₈. На дне глубокой межгрядной ложбины, слегка подработанной паводковыми водами, закопушей 207 вскрыто (фиг. 48, сверху вниз):



Фиг. 48. Приречно-пойменные осадки р. Оки в районе Спасска-Рязанского (обн. 207)

Мощность, м

1. Зачаточная почва — суглинок тяжелый пылеватый ($Md=0,004$ мм, $So=2,82$), интенсивно окрашенный гумусом в темно-серый цвет. Имеет мелкокомковатую зернистую структуру, которая маскирует первичную пологую слоистость. Тем не менее реликты последней проявляются довольно отчетливо. В слое 1 встречаются редкие толстые обломки раковин *Unio* sp. 0,30
2. Слой, состоящий из ритмично чередующихся более темных и более светлых прослоек бурого тяжелого суглинка (пелита) мощностью в 1—2 см. Эти прослойки незначительно отличаются друг от друга по цвету. Более светлые разности, отвечающие основной фазе половодья, характеризуются более крупным и менее тяжелым механическим составом ($Md=0,014—0,028$ мм, $So=3,16—3,17$), чем темные прослойки, соответствующие спаду половодья ($Md=0,007—0,017$ мм, $So=3,39—3,31$). Указанные разности осадка образуют очень пологую слоистость, в значительной степени переработанную мелкими землероями. В разрезе вдоль оси ложбины прослойки залегают горизонтально, в поперечном же разрезе они наклонены под углом 1—3° к ее тальвегу 1,05 (видимая)

Обнажение 208. Сходное соотношение осадков имеет место в разрезе, вскрытом закопушей 208 на гребне расположенной рядом высокой крутой гривы. Здесь под зачаточной почвой (0,25 м) залегают пологослоистые приречно-пойменные осадки (1,00 м), а ниже идут

неяснослоистые пески ядра гривы. В целом приречно-пойменные осадки гривы характеризуются большей крупностью и меньшей сортировкой по сравнению с аналогичными осадками ложбины. Темные прослойки на гриве представлены средними пылеватыми суглинками (алевропелитами) с $Md=0,007-0,013$ мм и $S_o=3,54-3,71$, а более светлые прослойки имеют $Md=0,009-0,024$ мм и $S_o=3,71-2,88$. Вверх по разрезу мощность сезонных пар прослоек и крупность слагающего их материала явно уменьшается, что соответствует затуханию скорости седиментации в среднем с 2,2 до 1,5 см/год (соответствующие значения для осадков межгривной ложбины в обн. 207 составляют 4,3 и 2,0 см/год).

Существенно отличный состав имеют приречно-пойменные отложения Оки в пределах сегмента III₁ (см. фиг. 53), в сложении которого большую роль играют песчаные осадки. В краевой части этого сегмента поймы сразу же за молодой русловый отмелью и валом рядом закопущ вскрыты типичные приречно-пойменные осадки с ритмичным пологослоистым чередованием прослоек желтовато-серых мелкозернистых песков ($Md=0,18$ мм, $S_o=1,22$) и бурых легких мелкопесчаных супесей ($Md=0,10$ мм, $S_o=1,86$). Мощность прослоек песка равна 3—10 см, супеси — 2—5 см. Границы между прослойками резкие, но неровные вследствие переработки ходами мелких землероев. Углы падения прослоек не превышают 2°. Сверху приречно-пойменные осадки покрыты слоем мелкозернистого неяснослоистого песка ($Md=0,18$ мм, $S_o=1,27$), представляющего собой осадок наложенного прируслового вала (см. фиг. 42). Далее в глубь поймы этот поверхностный осадок быстро исчезает, а слоистые приречно-пойменные отложения прохватываются сверху зачаточной дерново-луговой почвой мощностью до 0,20—0,25 м.

Фация внутренней поймы

Как уже отмечалось, к фации внутренней поймы автором отнесены те пойменные отложения, которые представляют собой хорошо выраженные профили почв лугового типа с элювиальными и иллювиальными горизонтами. Переходными разностями от них к яяснослоистым приречно-пойменным осадкам можно считать неслоистые и скрытослоистые гумусированные прослойки и зачаточные почвы с недифференцированными генетическими горизонтами (фиг. 49).

Пойменные почвы достаточно хорошо изучены почвоведом. Некоторые работы специально посвящены пойменным почвам отдельных речных долин: Дона (Полынов, 1956), Волхова (Прасолов, 1927), Верхнего Днепра (Годлин, 1928), Нижней Волги (Плюснин, 1938; Соловьев, 1953), Оки (Добровольский, 1956) и др.

Впервые вопросы генезиса пойменных почв в связи с характером протекающих на пойме процессов были освещены в классической работе В. Р. Вильямса (1939). В пределах пойм лесо-луговой области В. Р. Вильямс выделяет следующие три типа почв в зависимости от геоморфологических условий поймы: 1) слоистые песчаные и супесчаные почвы прирусловой поймы, 2) зернистые суглинистые почвы центральной поймы, 3) болотные и заболоченные глинистые и иловатые почвы притеррасной поймы. Упрощенные представления В. Р. Вильямса о геоморфологических условиях поймы уже устарели, однако в отношении характера почвенных процессов на пойме его идеи и сейчас не потеряли своего значения.

Общепринятой классификации пойменных почв до сих пор еще нет. В основе одной из схем, предложенной В. И. Шрагом (1953), лежит

стадийность единого пойменного почвообразовательного процесса. С этой точки зрения выделяются следующие три стадии почв:

I стадия — почвенные процессы находятся в зачаточном состоянии. Аллювиальные (седиментационные.— А. Л.) процессы выражены интенсивно. Зональные признаки отсутствуют.

II стадия — аллювиальные процессы у данных почв заметно ослабевают. Степень проявления почвообразовательных процессов значительно больше, однако у почв еще нет ярко выраженных зональных признаков.

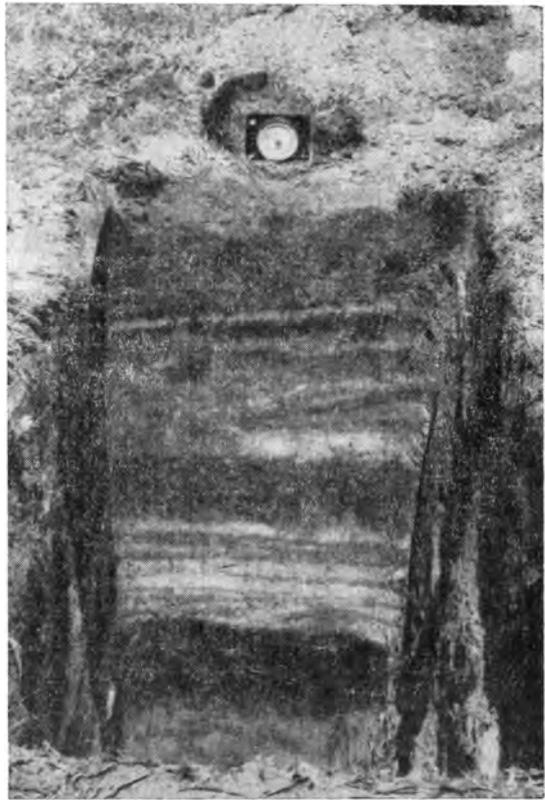
III стадия — почвы имеют ярко выраженные зональные признаки, свойственные почвам водоразделов, вследствие резкого сокращения осадконакопления и отчасти поемности.

Почвы II и III стадий делятся на большое количество разновидностей, приуроченных к определенным физико-географическим ландшафтам.

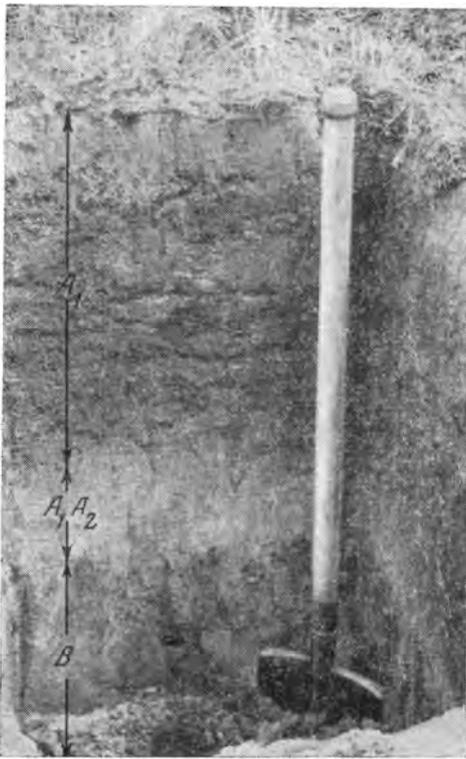
При сопоставлении с пойменными фациями азональные почвы первой группы нужно почти целиком отнести к приречной фации. Почвы III и частично II стадий следует отнести к фации внутренней поймы. И, наконец, в качестве переходных различий между двумя отмеченными фациями следует считать некоторые почвы II стадии и в немногих случаях — I стадии.

Здесь нет необходимости подробно рассматривать почвы внутренней поймы, так как они являются объектом изучения специалистов-почвоведов. В настоящей же работе, главная цель которой — выявить закономерности изменения вещественного состава по главным фациям аллювия, в отношении почв как таковых придется ограничиться лишь беглыми замечаниями.

Среди развитых почв поймы Днепра вообще и в районе Днепрово-Каменки, в частности, преобладают типичные дерново-луговые супесчаные почвы. Они распространены на лугах со злаково-разнотравным покровом, дающим не особенно плотный дерн (точки 9а, 10 и др., фиг. 2). Наиболее тяжелой по составу является верхняя часть почвенного профиля, представленная тяжелыми супесями и, реже, — суглинками ($Md=0,06-0,02$ мм, $S_o=2,51-4,07$). Мощность горизонтов, окрашенных гумусом, составляет от 0,25 до 0,5 м (в среднем 0,30—0,35 м). Иллювиальный горизонт (В) почвы имеет существенно песчаный состав ($Md=0,13-0,16$ мм, $S_o=1,25-1,39$) и в своей нижней части



Фиг. 49. Отложения, переходные между фациями приречной и внутренней поймы. На снимке видны два погребенных гумусированных слоя (неразвитые почвы). Обн. 275 в пойме р. Оки в районе Спасска-Рязанского



Фиг. 50. Профиль дерново-луговой оподзоленной почвы (обн. 232). Фация внутренней поймы Днепра в районе Днепрово-Каменки

изредка содержит сизовато-серые пятна оглеения. В целом этот горизонт почти так же хорошо окислен, как и горизонт А, и содержит многочисленные ржаво-бурые пятна ожелезнения. Очень часто гидроокислы Fe и Mn цементируют отдельные участки породы с образованием мелких (до 1—2 см) округлых бобовин-конкреций.

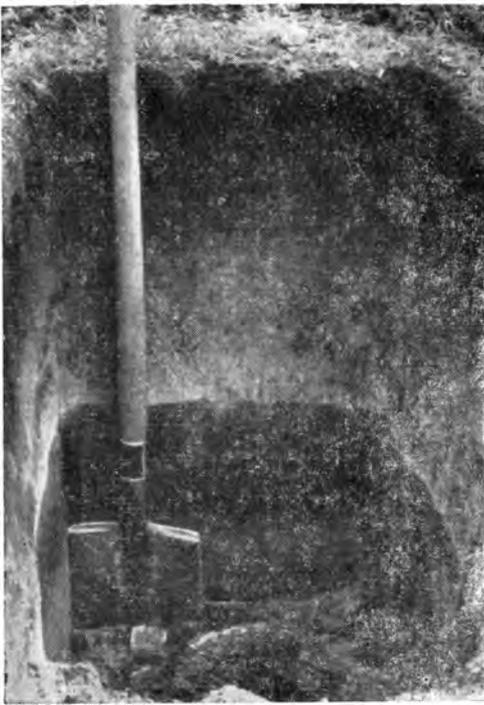
Нередко дерново-луговые почвы имеют некоторые признаки оподзоленности. Пример такой почвы можно видеть в разрезе повышенного и довольно ровного участка поймы, вскрытом закопущей 232 (фиг. 50). Здесь под небольшим поверхностным дерновым слоем со слабыми признаками слоистости (зачаточная почва до 0,15 м мощности) виден хорошо выраженный профиль дерново-подзолистой почвы. Верхний ее горизонт (А₁) представлен тяжелой супесью ($Md=0,12$ мм, $S_o=2,37$), окрашенной гумусом в темно-серый цвет. Ниже идет горизонт А₁А₂ мощностью в 0,06 м, состоящий из буровато-желтого мелкозернистого песка ($Md=0,18$ мм,

$S_o=1,23$) с обильной подзолистой присыпкой и постепенно переходящий в иллювиальный горизонт В. Последний представлен мелкозернистым песком ($Md=0,20$ мм, $S_o=1,29$) желтоватого, ржаво-бурого и светло-серого цвета, содержащим мелкие железо-марганцовые конкреции до 5 см в поперечнике (чаще 1—1,5 см). Мощность горизонта В—0,40 м. Ниже следует горизонт С—неяснослоистый желтовато-серый мелкозернистый песок.

Приведенный разрез (обн. 232) интересен в том отношении, что показывает явное изменение условий почвообразования от подзолистого типа к дерновому. Последний стал широко развиваться после сведения некогда произраставших здесь лесов. Подобные разрезы дерново-подзолистых почв, а также почв типа деградированных серых лесных земель были встречены во многих участках поймы Днепра в зоне Кременчугского водохранилища.

В некоторых случаях луговые почвы приобретают черноземовидный облик. Одним из таких примеров может служить почва, сформированная на ровной поверхности высокой левобережной поймы Днепра по створу будущей плотины Каневской ГЭС (обн. 111 в 3,2 км от русла). Почва имеет здесь супесчаный состав ($Md=0,09$ мм, $S_o=2,16—1,78$). Мощность горизонтов, окрашенных гумусом, составляет 0,55 м. Общая мощность почвенного профиля достигает 0,9 м.

Подавляющее большинство пойменных почв Днепра характеризуется легким супесчаным составом и совсем не имеет зернистой структуры. Зернистые почвы появляются только в низких и влажных логах с обилием осок и щучки и по своему характеру представляют уже гид-



Фиг. 51. Современная и погребенная дерново-луговые почвы. Пойма р. Десны у г. Чернигова



Фиг. 52. Молодой пойменный наилок, покрывающий мощную дерново-луговую оподзоленную почву, близкую к зональному типу. Обн. 277 в пойме р. Оки близ г. Спасска-Рязанского

рогенные лугово-болотные и болотные оглеенные почвы более тяжелого суглинистого состава ($Md=0,019-0,016$ мм, $S_o=2,69-2,95$).

Фация внутренней поймы Десны в районе Чернигова обычно представлена в разрезах двумя почвами дерново-лугового типа, из которых нижняя является погребенной (фиг. 51). Современная почва имеет мощность 0,55—0,60 м и характеризуется достаточно хорошо выраженными дерновым, гумусовым и иллювиально-глеевым горизонтами. Последние два горизонта наблюдаются также и в погребенной почве мощностью 0,25—0,40 м. В общем современная и погребенная почвы имеют супесчаный и легкосуглинистый состав ($Md=0,034-0,015$ мм, $S_o=3,23-2,24$) и не дают вследствие этого отчетливо выраженных зернистых разностей. Эти последние хорошо выражены только у лугово-болотных и болотных торфяно-глеевых и иловато-глеевых почв, отличающихся более тяжелым составом и развитых в пониженных межгрядных ложбинах.

Преобладающим типом почв поймы Оки в районе Спасска-Рязанского являются дерново-луговые зернистые почвы тяжелого механического состава. Они широко развиты в пределах сегментов I₁, I₂, II₈ и др. (см. фиг. 53) и обычно имеют мощность от 0,7 до 1,0 м. В пониженных, более увлажненных участках встречаются мощные (до 1,5 м) дерново-луговые почвы (например, в точке 8а, фиг. 53). Нижние горизонты большинства дерново-луговых почв в той или иной степени оглеены.

В пределах сегмента III₁ дерново-луговые почвы повышенных участков имеют существенно песчаный состав (фиг. 52).

В низких сырых логах, поросших осокой, развиты лугово-болотные почвы мощностью до 0,50—0,65 м. В местах, занятых ранее лесами, в почвенных профилях сохранились реликты подзолообразования.

В разрезах наиболее древних сегментов (I_1 и I_2) поймы на глубине 0,7—1,0 м встречена погребенная луговая почва, профиль которой значительно изменен современным почвообразованием. В монографии Е. В. Шанцера (1951, стр. 139—141) подробно описан один из разрезов поймы Оки (в 3 км выше устья притока Прони) с погребенной луговой почвой, содержащей обломки кирпича в культурном слое эпохи Старой Рязани (XI—XII века н. э.).

Одну из причин погребения почвенных горизонтов Е. В. Шанцер видит в аккумуляции осадков на пойме вследствие увеличения поверхностного стока, количества взвешенных наносов и высоты паводков, вызванных сведением лесов и распашкой земель. Очевидно, именно этим следует объяснить повсеместное нахождение в разрезах достаточно древних участков поймы Оки, Десны и Днепра одной погребенной почвы с хорошо выраженными генетическими горизонтами. Правда, кроме отмеченной почвы, иногда еще встречаются и другие, но обычно неразвитые погребенные почвы.

Особенности почвенного покрова поймы Оки в нижнем ее течении (от Шилово до Муром) в зависимости от различных геоморфологических условий подробно освещены в статье Г. В. Добровольского (1956). Почвы одного из выделяемых этим автором типов поймы, а именно сегментно-гвивистого, очень сходны с почвами аналогичной по условиям рельефа поймы Оки в районе Спасска-Рязанского.

3. СТАРИЧНАЯ МАКРОФАЦИЯ

К старичному аллювию в собственном смысле этого слова относятся отложения изолированных водоемов, отшнуровавшихся от главного русла или его проток. Вниз по разрезу старичные отложения переходят в русловый аллювий. С этой точки зрения они резко отличаются от сходных по составу, но генетически совершенно различных осадков вторичных водоемов поймы, которые обычно переходят книзу в пойменные фации.

Е. В. Шанцер (1951) выделяет в развитии стариц три главные стадии. В первое время старица тесно связана с руслом и во время паводка в ней устанавливается турбулентный режим потока, способный приводить в движение песчаные донные наносы. Последние, однако, отличаются значительно большей тонкозернистостью и заиленностью по сравнению с русловыми осадками. Следующая стадия — озерная — соответствует почти полному обособлению старицы от русла и отложению в ней практически только взвешенного материала. Последняя стадия развития старицы может протекать по-разному, но в итоге она приводит к погребению осадков озерной стадии либо под русловыми наносами, либо под торфяниками (почти всегда аллохтонными), а затем уже под пойменными отложениями, обычно венчающими разрезы старичных линз.

Выделенные стадии типично проявляются только в отношении крупных старичных водоемов. Мелкие же старицы отличаются более коротким циклом развития, и в них те или иные стадии могут заметно редуцироваться. По своему составу и характеру текстур осадки мелких стариц очень сходны с осадками вторичных водоемов поймы, которые будут рассмотрены в группе фаций смешанного типа.

Общие закономерности формирования и развития старичного аллювия освещены в работах Е. В. Шанцера (1951), З. М. Барановской

(1937) и др. С литологической стороны старичные отложения, как и пойменные, изучены пока еще недостаточно. В частности, это относится и к их текстурам: даже в новейшей сводке Л. Н. Ботвинкиной (1962) указывается на их неизученность.

Морфологические особенности стариц в пределах исследованных участков рек существенно различны. На Среднем Днепре с его хорошо выраженной фуркацией русла старицы отшнуровываются от боковых протоков и имеют всегда небольшие размеры. Десна у г. Чернигова и Ока в районе г. Спасска-Рязанского сильно меандрируют; старицы здесь имеют крупные размеры, вполне соизмеримые по ширине с руслами рек.

Осадки стариц целесообразно подразделить на две фации: 1) центральных частей крупных стариц и 2) небольших стариц и краевых частей крупных стариц.

Первая фация типично развита на Десне и Оке и представлена главным образом горизонтальнослоистыми осадками глинистого состава без видимых органических остатков.

Осадки второй фации встречаются более часто, особенно в обнажениях, и отличаются значительно большей пестротой своего состава, в котором преобладают алевроитовые и песчаные разности. Кроме сравнительно небольшой мощности, для этой фации характерны: обильный раковинный и растительный детрит, крупные обломки древесины, а также разнообразные сингенетичные текстуры смятия, вызванные подводным оползанием осадков и вытаптывающей деятельностью крупных животных. В осадках обычно встречается богатая фауна моллюсков.

Характер седиментации в старицах, расположенных вблизи и вдали от русла, имеет определенные отличия, однако, как показывает имеющийся в распоряжении автора материал, эти отличия не настолько существенны, чтобы можно было по данному признаку производить дальнейшие фациальные подразделения.

Фация центральных частей крупных стариц

Современные осадки центральных частей крупных старичных водоемов представлены сильно обводненными (60—85%) илами, обычно без видимых макроскопически органических остатков или с небольшим их содержанием (обрывки листьев, отдельные раковины и др.). Цвет илов темно-серый, обычно с зеленоватым оттенком, иногда черный — от большого содержания тонкорассеянного органического вещества. Илы имеют обычно глинистый, реже — мелкоалевритовый состав (в последнем случае $Md=0,11-0,015$ мм, $S_0=3,24-4,90$). Данные о гранулометрическом составе некоторых типичных образцов старичных осадков Днепра, Десны и Оки приведены в табл. 8. Здесь видно, что наибольшей тонкозернистостью состава отличаются старичные илы на Оке: содержание фракции $<0,001$ мм достигает в них 30—40%, а $Md=0,005-0,002$ мм. Вычислить точно величину S_0 в этих осадках нельзя, так как содержание фракции $<0,001$ мм, являющейся крайней при проведенных гранулометрических анализах, больше 25%. По всей вероятности, S_0 составляет около 4,5—5,5.

Зондирование поверхностных осадков в старичных водоемах показало, что мощность их составляет: на Днепре от 0,1 до 0,5 м, на Десне от 0,8 до 2,0 м и на Оке от 1,5 до 2,5 м (в оз. Круглом даже до 5 м). Вниз по разрезу глинистые илы постепенно переходят в существенно песчаные отмытые осадки.

Старичный генезис некоторых водоемов поймы Оки вызывает сомнение. Это относится прежде всего к таким озерам, как Длинное, Улуково, Круглое, которые отличаются изометрической формой в плане

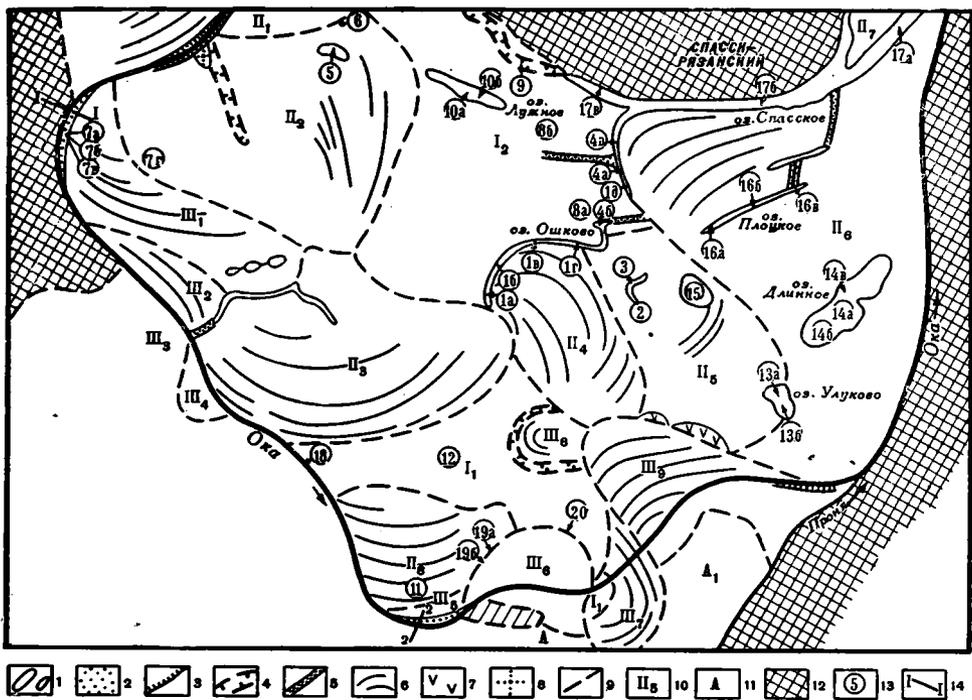
Гранулометрический состав современных поверхностных старичных осадков
(фация центральных частей крупных стариц)
(содержание фракций, %)

Река, пункт	№ точки	Место взятия образца	Глубина, м	№ образца	Осадок	Размеры фракций, мм					
						>0,5	0,5—0,25	0,25—0,10	0,10—0,01	0,01—0,001	<0,001
Днепр, район Днепрово-Ка- менки (см. фиг. 2)	24б	оз. Шаповал- ка	2,5	1209а	Ил темно-серый, глинистый . . .	—	0,14	0,56	32,55	56,45	10,30
	3б	оз. Глушец	5,5	964	То же	—	0,22	0,81	45,55	41,10	12,32
Десна, район Черни- гова (см. фиг. 4б)	2б	оз. Лопухова- тое	4,5	954	Ил темно-серый, алевритово-глини- стый	—	1,02	17,91	38,38	31,65	11,04
	6в	Старица близ русла	5,5	976	То же	—	—	0,39	53,09	30,68	15,84
	15а	То же	5,1	1041	Ил темно-серый, алевритовый . .	—	—	1,25	56,85	28,56	13,34
Ока, район Спасска-Рязанского (см. фиг. 5з)	10а	оз. Лужное	7,0	1105	Ил темно-серый, глинистый . . .	—	0,03	0,56	12,80	49,50	37,11
	15	оз. Круглое	4,1	1147	Ил черный, глини- стый	—	0,08	5,32	14,70	46,45	33,45
	1в	оз. Ошково	6,5	1052	Ил темно-серый, глинистый . . .	—	0,09	3,39	3,18	65,12	28,22
	14а	оз. Длинное	2,7	1144	То же	—	—	—	0,14	59,83	40,03
	13а	оз. Улуково	2,0	1142	» »	0,01	0,04	0,08	1,23	59,60	39,04
	16с	оз. ПлOCKое	2,2	1158	» »	—	0,44	0,42	1,54	59,17	38,43
	17б	оз. Спасское (затон)	4,8	1161	» »	3,47	0,74	10,51	7,06	49,70	28,52

и очень большой шириной (0,5—0,4 км) при небольшой глубине (за исключением оз. Круглого). Не исключена возможность, что указанные озера представляют по существу своеобразные большие вторичные водоемы поймы, возникшие в пределах крупных межгрядных понижений. Озеро Длинное, например, состоит из двух соединившихся ложбин субмеридионального направления.

Разрезы центральных частей крупных старичных линз имеют однотипное строение. Здесь можно выделить три характерные субфации (снизу вверх):

1. Однородные глинисто-алевритовые осадки субфации ранней озерной стадии старицы, характеризующиеся неясной пологоволнистой слоистостью. Последняя обычно подчеркивается остатками листьев, растительным детритом; иногда она проявляется очень плохо вследствие однородности и оглеенности материала.



Фиг. 53. Схема геоморфологического расчленения поймы р. Оки в районе Спасска-Рязанского:

1 — меженные русла рек и водоемы поймы; 2 — современные русловые отмели; 3 — участки интенсивно подмываемого берега; 4 — старичные ложбины, выраженные в рельефе; 5 — эрозионные ложбины и рытвины; 6 — простирающие пойменные гривы; 7 — участки развития наложенных аккумулятивных форм пойменного рельефа; 8 — участки навешанных на пойму эоловых песков; 9 — границы сегментов поймы; 10 — индексы сегментов поймы р. Оки (римскими цифрами обозначены три возрастные генерации сегментов); 11 — индексы сегментов поймы р. Прони; 12 — надпойменные террасы и коренное плато; 13 — местонахождения и номера точек наблюдения; 14 — поперечные пересечения русла р. Оки

2. Более крупнозернистые по составу осадки субфации зрелой стадии старицы с пологоволнистой слоистостью «ленточного» характера. Эта слоистость обуславливается сезонно-ритмичной последовательностью алевритового и более песчанистого материала при усилении притока полых вод и поступления взвешенных наносов в старицу.

3. Субфация зарастания старицы, сложенная неслоистыми или неяснослоистыми осадками болотного типа, представляющими переход от собственно старичных отложений к пойменным. Следует иметь в виду, что хорошо выраженных болотных почв и слоев автохтонного торфа здесь нет, так как почво- и торфообразовательные процессы не успевали за повышенной скоростью седиментации.

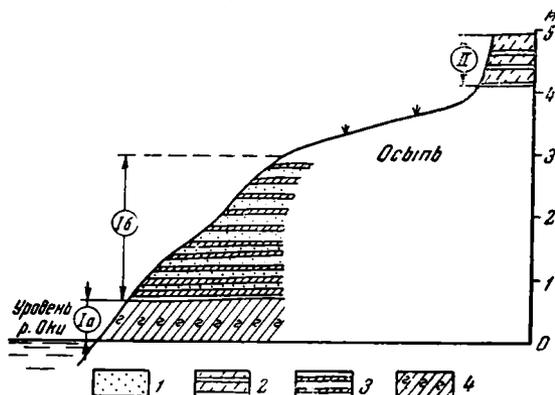
Переход старичного аллювия вверх по разрезу в собственно пойменные отложения обычно постепенный, через упомянутые отложения болотного типа, но изредка он сопровождается и следами размыва.

Вниз по разрезу переход осадков центральных частей крупных старичных линз в русловые отложения нигде в обнажениях не виден — он ниже уровня воды в реках. Колонки современных осадков, взятые в центральных частях крупных стариц, обычно обнаруживают переход тонких старичных илов в собственно русловые мелкозернистые пески (верхи пристрежневой фации) путем постепенного укрупнения материала сверху вниз. Вероятно, верхняя часть этих песчаных осадков

представляет уже собственно старичные образования. Последние можно выделить в субфацию начальной стадии старицы, возникшую при турбулентном режиме потока во время половодья (первая стадия развития старицы по Шанцеру, 1951).

Характер перехода отложений старичных линз в другие фации по простиранию будет рассмотрен в следующем разделе.

Хорошие обнажения крупных старичных линз в пределах изученных районов встречаются довольно редко. Наиболее низкие, центральные части этих линз, соответствующие начальным стадиям развития стариц, всегда находятся ниже уровня воды в реке. Верхние же части старичных линз бывают часто замаскированы осыпями. Поэтому в большинстве конкретных разрезов обычно наблюдаются не все выделенные ранее субфации старицы, а только часть из них. Ниже приведено описание одного из таких типичных разрезов.



Фиг. 54. Разрез центральной части крупной старичной линзы в пойме р. Оки в районе Спасска (обн. 285):

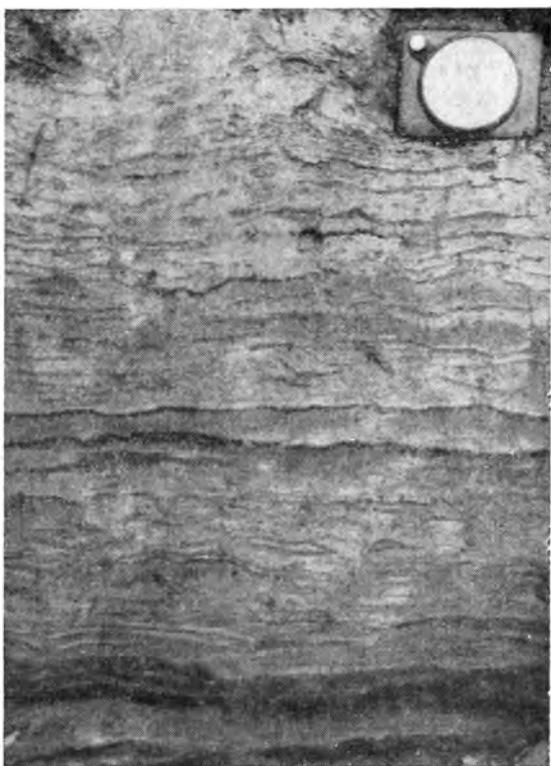
1 — песок мелкозернистый; 2 — супесь с гумусированными прослойками; 3 — супесь (алеурит песчаный); 4 — суглинок (мелкий алеурит) оглеенный

Обнажение 285 (фиг. 54). В обрыве левого берега Оки в точке 196 (фиг. 53) на протяжении 170 м вскрывается поперечный разрез крупной старичной линзы.

В основании разреза центральной части старичной линзы обнажается слой 1а, относящийся к субфации ранней озерной стадии старицы. Он представлен зеленовато-серыми оглеенными суглинками (мелкими алеуритами) с тонкой пологоволнистой слоистостью (фиг. 55). Слоистость подчеркнута очень мелким растительным детритом, а также остатками листьев, расположенными по плоскости наслоения. Углы падения слоев составляют 1—3° (к центру старичной линзы и к реке). В целом характер слоистости невыдержанный: тонкие темные детритовые слои, имеющие мощность в доли миллиметра, часто прерываются и расщепляются. Местами слоистость нарушена ходами илороев до 0,5—1 см в поперечнике. Очень редко в слое 1а встречаются обломки раковин унионид, а также куски древесины. Иногда видны вторичные выделения желтовато-белого вивианита (в свежей расчистке) и голубого β-керженита в виде землистых налетов по трещинам, а также импрегнаций по растительным остаткам. Видимая мощность слоя 1а — 0,6 м (ниже уреза воды слой 1а опускается не менее чем на 1,2—1,3 м).

Выше залегает слой 1б, соответствующий стадии усиления гидродинамической активности паводковых вод в старице. Слой 1б представлен ритмичным пологоволнистым чередованием прослоек мелкопесчаных

супесей (местами суглинков) и мелкозернистых глинистых песков. Супеси всегда оглеены и имеют голубовато-серый цвет, пески же на выходах окислены и окрашены в светло-бурый цвет. В нижней части слоя 16 прослойки песков и супесей имеют примерно одинаковую мощность (1,5—2 см). Углы падения их составляют 2—5° (в среднем 3°). В верхней части слоя 16 мощность песчаных прослоек увеличивается до 3—5 см, а супесчаных остается прежней (1,5—2 см). Углы падения возрастают до 7° (к центру старичной линзы и к реке), составляя в среднем 5°. Слои супеси здесь имеют неровные границы, часто расклиниваются, а сама слоистость приобретает довольно скрытый характер. В целом для слоя 16 характерны ржавые разводы ожелезнения на границе песчаных и супесчаных прослоек. Изредка в слое 16, особенно в его нижней части, встречаются раковины *Viviparus viviparus* (L.) Видимая мощность слоя 16—2,4 м.



Фиг. 55. Пологоволнистая слоистость в отложениях центральной части крупной старицы р. Оки в районе Спасска-Рязанского. Субфация ранней озерной стадии старицы (обн. 285, слой 1а)

Выше пачки старичных отложений видна осыпь (1,4 м), а затем идут молодые пойменные осадки (пачка II), представленные бурыми гумусированными супесями с неясной пологой слоистостью и подчиненными им прослойками буровато-серых алевритовых песков. В целом пачка II слабо преобразована в профиль луговой почвы и имеет мощность до 0,8 м. К сожалению, наличие осыпи поверх осадков старичной линзы в обн. 285 не позволяет видеть контакт собственно пойменных и старичных фаций. Однако, судя по аналогии с многими подобными разрезами, переход этот должен иметь постепенный характер.

Очень сходный по строению разрез старичной линзы подробно описан Е. В. Шанцером (1951, стр. 149—151) на левом берегу Оки несколько выше устья притока Прони. Здесь пачка старичных отложений также состоит из двух слоев, из которых нижний (4б) соответствует озерной стадии развития старицы и представлен неяснослоистым оглеенным суглинком, а верхний слой (4а), соответствующий фазе превращения старицы в болото, представлен сходным суглинком, содержащим включения плавника и местами переходящим в тонкослоистый лесной торф. Общая видимая мощность пачки 4 равна 3 м. Выше залегает слой 3 (1,8 м), переходный от старичного аллювия к пойменному, образование которого Е. В. Шанцер склонен связывать с еще большим усилением притока полых вод и поступления взвешенных наносов. Слой

З представлен зеленовато-серым оглееным суглинком с крупноглыбовой отдельностью, который испещрен пятнами ожелезнения. Верх всего разреза образован собственно пойменным аллювием (слой 2 мощностью в 2,6 м), который делится на три подгоризонта.

Мне удалось посетить это обнажение вместе с Е. В. Шанцером в 1961 г. и отобрать из него образцы для специального литологического изучения. В результате выяснилось, что переходная суглинистая толща (слой 3, по Е. В. Шанцеру) резко отличается от соседних пачек аллювия своими низкими значениями рН (4,43—4,73), очень плотным сложением, отсутствием слоистости, ожелезнением, а также заметным диагенетическим изменением некоторых терригенных минералов (биотита). Приведенные данные позволяют более конкретно говорить об образовании названной толщи в обстановке болотного типа, которая, однако, из-за большой скорости седиментации не сопровождалась существенным накоплением торфа или почвообразованием. В такой же обстановке, по-видимому, образовывались сходные отложения в верхних частях других старичных линз.

Фация небольших стариц и краевых частей крупных стариц

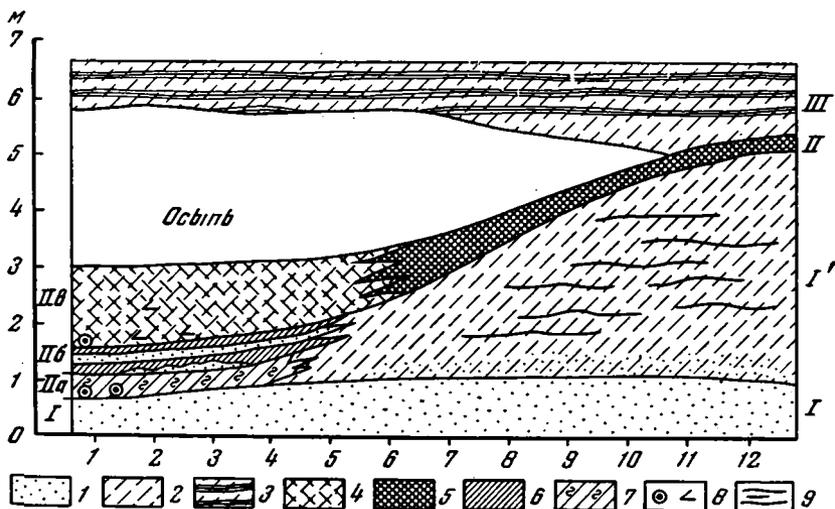
Об особенностях этой фации, отличающих ее от фации центральных частей крупных стариц, было сказано раньше при общей характеристике старичного аллювия.

В целом состав осадков небольших стариц и краевых частей крупных стариц разнообразен. Наряду с преобладающими алевритовыми илами (в среднем $Md=0,03-0,01$ мм, $S_o=1,74-3,60$) встречаются также заиленные пески ($Md=0,21-0,12$ мм, $S_o=1,43-1,70$) и глинистые илы ($Md=0,005-0,003$ мм, $S_o=3,20$). Осадки, как правило, обогащены растительным и раковинным детритом, крупными обломками древесины, здесь же встречается богатая фауна: *Viviparus viviparus* (L.), *Limnaea stagnalis* (L.), *Coretus corneus* (L.), *Unio pictorum* (L.), *U. tumidus* Philipsson, *Sphaerium* (*Sphaeriastrum*) *rivicola* Lamarck. S. (*Cyrenastrum*) *solidum* (Normand), *Lithoglyphus naticoides* C. Pfeiffer, *Planorbis planorbis* (L.) *P. carinatus* Müll., *Anodonta piscinalis* Nilsson, *Radix lagotis* (Schrank), *R. auricularia* (L.), *R. pereger* (Müll.), *Bithynia tentaculata* (L.), *B. leachi* (Sheppard), *Galba palustris* (Müll.), *Aplexa hypnorum* (L.) и др.

Данные о гранулометрическом составе некоторых типичных образцов современных поверхностных осадков небольших стариц и краевых частей крупных стариц приведены в табл. 9. Здесь можно видеть, что состав старичных осадков различных рек хорошо отражает различие в степени мутности их вод. Так, в целом наиболее тонкозернистым глинистым составом отличаются старичные осадки Оки, а наиболее крупнозернистым — осадки стариц Днепра. Тесно связанные с руслом осадки стариц-затонов обычно везде имеют мелкопесчаный и песчано-алевритовый состав (обр. 929, 1160). Такой же состав характерен и для некоторых стариц Днепра и Десны, расположенных в глубине поймы.

Условия залегания и фациальные взаимоотношения рассматриваемых осадков хорошо видны в многочисленных обнажениях. Отложения краевых частей старичных линз согласно подстилаются слоями заиления русловой отмели, а вверх по разрезу обычно постепенно переходят в пойменные фации через осадки болотного типа (иногда этот переход сопровождается следами размыва). По простирацию краевые части старичных линз постепенно переходят в пойменные отложения — обычно в лугово-болотные, а затем и луговые погребенные почвы.

В разрезах центральных частей небольших старичных линз нередко бывают хорошо выражены субфации, характерные для аналогичных разрезов крупных старичных линз: 1) ранней озерной стадии старицы, 2) «ленточная» субфация более зрелой стадии, 3) субфация стадии зарастания старицы. Иногда последние две субфации бывают в той или иной степени редуцированными. Характер перехода центральных частей небольших старичных линз в русловый аллювий может быть различным. В некоторых обнажениях наблюдается прислонение нижних частей старичных линз к отмытым русловым пескам. В других



Фиг. 56. Схема обнажения краевой части крупной старичной линзы в пойме р. Оки в районе Спасска-Рязанского (обн. 284):

1 — песок; 2 — супесь; 3 — супесь с гумусированными прослойками; 4 — супесь торфянистая; 5 — супесь гумусированная (почва); 6 — суглинки и супеси; 7 — суглинок оглеенный; 8 — растительные остатки (плавник); 9 — слабо заметная горизонтальная и пологая слоистость

случаях видно, как слои заиления русловой отмели согласно подстилают отложения краевых частей старичных линз и постепенно погружаются ниже уровня реки по направлению к центральным частям этих линз.

Зондирование современных осадков стариц-затонов и прибрежных частей, отшнуровавшихся от русла крупных стариц показывает, что иногда в колонках обнаруживается подобие ритмичной последовательности более илистого и более песчанистого материала. Природа этих образований может быть различной. В одних случаях их можно сопоставить с прослойками заиления верхних частей русловой отмели. В других случаях образование песчаных прослоек, очевидно, связано с усилением гидродинамической активности долых вод в старичных водоемах, обуславливающим привнос песчаных фракций в старичные илы или существенное отмучивание старичных осадков от наиболее тонких илистых частиц. Эти осадки можно отнести к субфации начальной стадии старицы. Ниже дано описание нескольких типичных разрезов субфации небольших стариц и краевых частей крупных стариц.

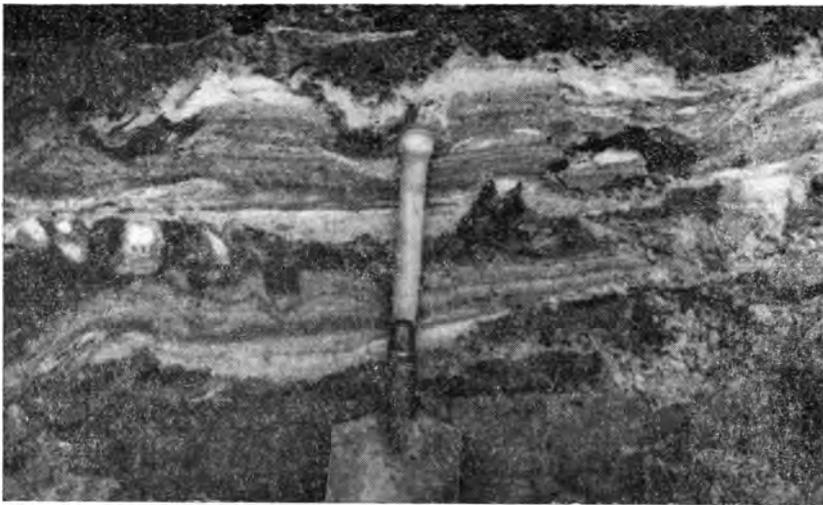
Обнажение 284. Левый подмываемый берег Оки в точке 19а (см. фиг. 53). Обнажение крупной старичной линзы, разрез центральной части которой (обн. 285) был описан в предыдущем разделе. В восточной краевой части этой же старичной линзы характер разреза существенно изменяется (обн. 284, фиг. 56).

**Гранулометрический состав поверхностных старичных осадков (фашия небольших стариц и краевых частей крупных стариц)
(содержание фракций, %)**

Река, пункт	№ точки	Место взятия образца	Глубина, м	№ образца	Осадок	Размеры фракций, мм					
						>0,5	0,5—0,25	0,25—0,10	0,10—0,01	0,01—0,001	>0,001
Днепр, район Днепрово-Каменки, (см. фиг. 2)	24а	оз. Шаповалка, у берега	0,8	1209	Ил темно-серый, алевритово-глинистый	0,08	1,92	14,28	34,42	34,09	15,21
	20	Небольшая старица, центральная часть	2,4	930	Ил темно-серый, алевритово-мелкопесчаный	1,77	12,68	45,13	15,58	20,36	4,48
	19д	Старица-затон	1,1	929	Песок м/з, серый, илстый	2,55	34,50	60,20	2,75		
	22	Небольшая старица, центральная часть	2,0	1207	Песок м/з — с/з, илстый, серый, с <i>Planorbis</i> , <i>Limnaea</i> и др.	4,33	25,09	48,78	16,00	5,80	
Десна, район Чернигова (см. фиг. 4б)	3в	оз. Глушец, у края	1,3	971	Ил темно-серый, алевритовый	—	0,50	0,47	69,50	22,81	6,72
	2в	Оз. Лопуховатое, у края	1,8	955	Песок м/з, серый, переполненный раковинным детритом	9,11	13,27	73,43	4,19		
	6б	Старица близ русла, краевая часть	1,1	976	Ил буровато-серый, алевритовый, с <i>Viviparus viviparus</i> (L.)	0,21	0,71	2,73	59,61	28,30	8,44
	15б	Старица близ русла, у берега	1,3	1042	Ил темно-серый, алевритовый, с массой <i>Viviparus viviparus</i> (L.)	—	—	1,70	69,99	19,99	8,32

Таблица 9 (окончание)

Река, пункт	№ точки	Место взятия образца	Глубина, м	№ образца	Осадок	Размеры фракций, мм					
						>0,5	0,5—0,25	0,25—0,10	0,10—0,01	0,01—0,001	<0,001
Десна, район Чернигова (см. фиг. 46)	4	оз. Полковница, у края	2,5	972	Ил темно-серый, алевритовый	0,04	0,47	1,17	78,43	13,50	6,39
	5	Небольшая старица близ русла, центральная часть	1,8	973	То же	—	—	0,53	69,58	22,21	7,68
Ока, район Спасска-Разанского (см. фиг. 53)	1г	оз. Ошково, у края	1,8	1051	Ил темно-серый, алевритово-глинистый	—	—	17,16	32,87	34,77	15,20
	14в	оз. Длинное, у края	0,9	1146	Ил бурый, глинистый	—	0,44	0,68	28,76	40,02	30,10
	16а	оз. Плоцкое, у края	1,0	1157	Ил черный, глинистый, состоящий из комочков в 1—2 мм	0,36	2,03	9,65	11,07	50,58	26,31
	17а	оз. Спасское (затон), близ русла	5,3	1160	Ил голубовато-серый, песчано-алевритовый	1,06	27,68	20,12	20,84	24,98	5,32
	3	Небольшая старица, центральная часть	1,8	1056	Ил буровато-серый, глинистый, с массой растительного детрита	0,28	0,35	1,21	6,60	64,30	27,26
	4а	Южный отвершек оз. Спасского, у края	3,1	1057	Ил черный, глинистый, состоящий из комочков в 1—2 мм	—	0,09	0,78	6,16	61,50	31,47



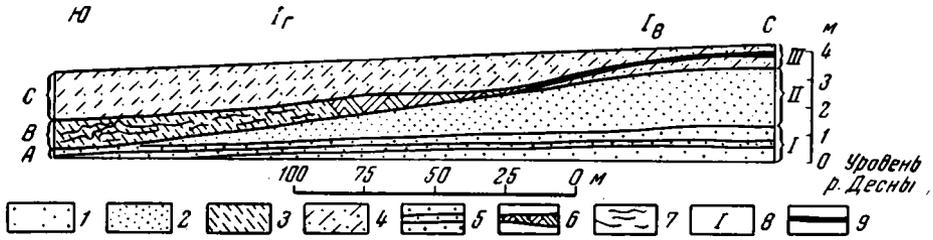
Фиг. 57. Осадки краевой части крупной старичной линзы в пойме р. Оки близ г. Спасска-Рязанского (обн. 284, слой IIб). Видны сингенетические биогенные текстуры смятия (следы копыт животных)

В самом низу до высоты 0,8 м над уровнем Оки обнажаются голубовато-серые мелкозернистые глинистые пески (пачка I). Слоистость в них не проявляется из-за большой влажности и оглеения. Пачка I относится, очевидно, к фации русловой отмели, немного заиленной.

Выше идет пачка старичных отложений, разделяющаяся на три слоя. В подошве нижнего слоя (IIа) наблюдается чередование прослоек буровато-серой легкой супеси (4—5 см) и желтовато-бурого мелкозернистого песка (2—3 см), обуславливающее пологую, почти горизонтальную волнистую слоистость. Выше идет оглеенный суглинок голубовато-серого цвета. Слой IIб представлен весьма прихотливым чередованием светло-серых отмытых мелкозернистых песков с буровато-серыми супесями, которое связано с сингенетичными смятиями, обусловленными в основном вытаптывающей деятельностью крупных копытных (фиг. 57). В слое IIб встречаются сучья деревьев, а несколько ближе к центру старицы — и обломки их стволов до 10 см в диаметре. Мощность слоя IIб 0,35—0,4 м. По простирацию слой IIб и IIа быстро выклиниваются и сменяются серыми и желтовато-серыми скрытослоистыми супесями и мелкозернистыми глинистыми песками, которые переходят далее в горизонтальнослоистые осадки приречно-пойменного типа. Слой IIв, составляющий основную часть старичной пачки, отличается очень большим содержанием мелких растительных остатков. В нижней части слой IIв представлен мелкопесчаной легкой супесью темно-бурого цвета, сплошь переполненной мелким плавником (веточки до 1—2 см в поперечнике) и образующей своеобразный базальный прослой. Выше состав слоя IIв становится более тонкозернистым, а растительные остатки в виде веточек, прутиков встречаются значительно реже. Примерно в 35 см от подошвы слой IIв вновь резко обогащается растительным детритом и более крупным плавником, вследствие чего приобретает характер суглинистого лесного торфа. Кое-где в торфе наблюдаются изолированные включения белого мелкозернистого отмытого песка в виде небольших линз до 1,5—1 см мощности. В целом обильный растительный материал слоя IIв, несомненно, имеет аллохтонный характер. По простирацию слой IIв переходит в

погребенную лугово-болотную, а затем в луговую почву, которая поднимается вверх по разрезу, отмечая в нем положение бывшей старичной ложбины. В дальнейшем высокое гипсометрическое положение почвы (около 5 м над уровнем Оки) выдерживается на большом расстоянии вдоль берега. Эта почва подробно описана в работе Е. В. Шанцера (1951, стр. 139, 140, фиг. 59). Видимая мощность слоя II в составляет 1,5 м.

Выше видимой части старичной пачки II идет крупная осыпь (2,7 м). Венчается разрез молодыми пойменными осадками (пачка III), совершенно аналогичными пачке III в обн. 285, описанном в предыдущем разделе.



Фиг. 58. Схема обнажения краевой части старичной линзы в пойме р. Десны у. г. Чернигова (обн. 1г):

1 — песок мелкозернистый; 2 — песок мелкозернистый с примесью крупного алеврита; 3 — алеврит; 4 — алеврит с небольшой примесью песка; 5 — слои заиления; 6 — алеврит гумусированный (погребенная почва); 7 — текстуры смятия; 8 — номера пачек аллювия; 9 — погребенная почва

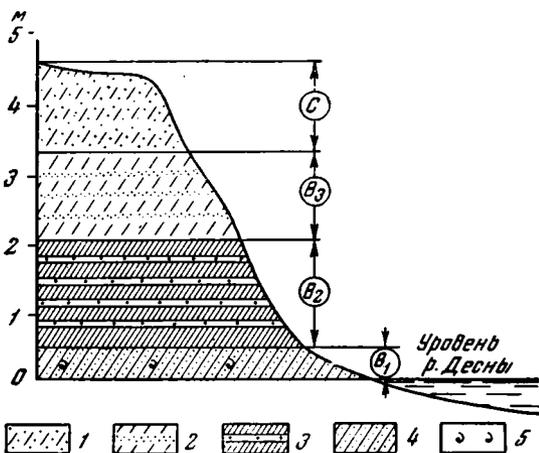
Обнажение 1г. Разрез левого подмываемого берега Десны, являющийся продолжением разрезов в точках 1а, 1б и 1в (см. фиг. 46, 16), упоминавшихся ранее при характеристике заиленных русловых отмелей. В точке 1г виден переход русловых и пойменных отложений по простирацию в краевую часть небольшой старичной линзы.

В точке 1г (фиг. 58) высота берегового обрыва уменьшается до 3,8 м. Залегающие в основании разреза прослои заиления русловой отмели (пачка I) увеличиваются количественно и в мощности и несколько погружаются в южном направлении к погребенной старичной ложбине. Пачка II, представленная мелкозернистыми косо волнисто-слоистыми песками фаций русловой отмели и вала, постепенно выклинивается в этом же направлении. Существенные изменения претерпевают собственно пойменные отложения, составляющие пачку III (или пачку С). Постель их опускается в точке 1г до 1,8 м над уровнем реки (против 3,5 м в точке 1в). Слой гумусированной супеси, хорошо выраженный в верхней части разреза 1в, увеличивается в мощности, в нем появляются включения светлого песка, образующего мелкую ритмичную слоистость. Далее к югу этот слой еще более опускается, совсем теряет свой почвенный облик и замещается пойменно-старичными отложениями фации краевой части старицы (пачка В). Осадки этой фации представлены в основном светло-бурыми супесями (алевритами) с подчиненными им буровато-серыми алевритовыми песками, образующими в целом пологую слоистость. Эта слоистость сплошь и рядом, особенно в верхней части пачки В, осложняется сингенетичными смятиями с разрывом слоев, которые обусловлены вытаптывающей деятельностью скота и отчасти — подводным оползанием (фиг. 59). Все отложения пачки В, особенно супесчаные разности, слабо вскипают с HCl. Мощность пачки достигает 1,2—1,5 м. Выше залегают молодые пойменные отложения (пачка С), имеющие мощность до 2,5 м.



Фиг. 59. Сингенетичные текстуры биогенного смятия со следами копнит в осадках краевой части старицы. Обн. 1г в пойме р. Десны в районе Чернигова

Вверх по течению реки от точки 1г на протяжении до 250 м вскрывается почти по простиранию краевая часть старичной линзы. В связи с этим характер разреза мало изменяется. Осадки краевой части старицы, залегающие поверх сближенных прослоев заиления русловой



Фиг. 60. Разрез центральной части небольшой старичной линзы в пойме р. Десны у Чернигова (обн. 1д):

1 — супеси легкие с небольшой примесью мелкозернистого песка; 2 — супеси легкие (алевроиты) с прослоями глинистых песков; 3 — ритмичное чередование алевроитов и алевроитовых песков; 4 — мелкие алевроиты; 5 — фауна моллюсков

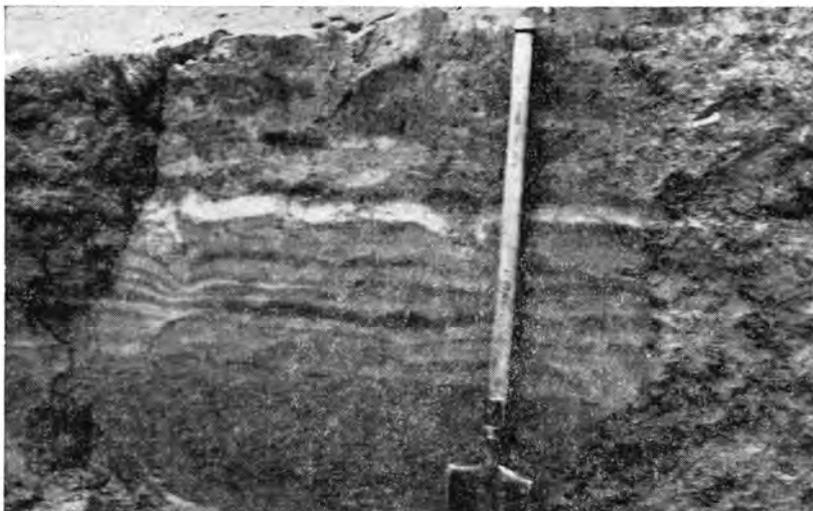
отмели, имеют мощность всего до 0,8—1,5 м, а их подошва находится выше уровня реки на 0,5—0,7 м.

После небольшого перерыва описываемые старичные отложения вновь появляются в разрезе в точке 1д (см. фиг. 60). На этот раз они вскрываются речным подмывом вкrest простирания, так что можно видеть их наиболее глубокую центральную часть.

Обнажение 1д. Разрез центральной части той же небольшой старичной линзы имеет следующий вид (фиг. 60).

Внизу обнажаются осадки наиболее глубокой части старицы (пачка В₁). Они резко погружаются под урез воды, одновременно увеличиваясь в мощности, и, благодаря плотному сло-

жению и наибольшей стойкости к размыву, вдаются в русло в виде мыса. Осадки пачки В₁ представлены темно-серыми, слегка синеватыми оглеенными неяснослоистыми алевроитами ($Md=0,02-0,03$ мм,



Фиг. 61. Осадки субфации зрелой стадии старицы с пологоволнистой «ленточной» слоистостью. Разрез центральной части небольшой старичной линзы у Чернигова (обн. 1д, пачка В₂)

$S_o = 1,80—1,89$) с *Viviparus viviparus* (L.), *Unio pictorum* (L.), *Sphaerium* (*Sphaeriastrum*) *rivicola* Lamarck и др., а также с редкими пятнами вивианита. В этих осадках при внимательном осмотре видна тонкая (доли сантиметра) прерывистая волнистая слоистость, в целом близкая к горизонтальной. Слоистость обычно подчеркивается включением растительного материала (листья, тонкие прутики и др.), иногда же она ясно проявляется за счет маломощных (2—3 см) прослоек и линзочек более крупнозернистого песчаного алеврита. Видимая мощность пачки В₁ — 0,5 м.

Выше следуют старичные осадки пачки В₂, представленные ритмичным пологоволнистым чередованием прослоек светло-бурого алеврита ($Md=0,05$ мм, $S_o=1,71$) и более темного буровато-серого песчаного алеврита ($Md=0,09$ мм, $S_o=1,48$). Мощность прослоек 6—10 см.

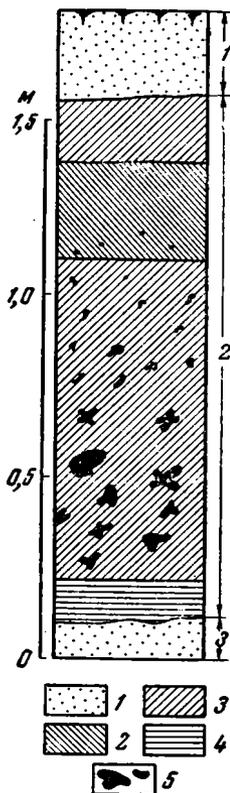
В целом слоистость имеет ярко выраженный «ленточный» характер и прослеживается на большом расстоянии по разрезу (фиг. 61). Мощность пачки В₂ — 1,6 м.

Залегающие выше пойменно-старичные отложения (пачка В₃) состоят из светло-бурых алевритов (легких супесей) с подчиненными им прослойками буровато-серых песчаных алевритов (глинистых песков). Они имеют неясную пологоволнистую слоистость, часто осложненную текстурами смятия небольшого размера. Осадки пачки В₃ образовались в обстановке болотного типа. Об этом свидетельствует очень плотное их сложение, скрытая и неясная слоистость, многочисленные крупные пятна ожелезнения вокруг ходов корней и, наконец, низкие значения рН осадков (5,43—5,20). Мощность пачки В₃ 1,2—1,5 м.

Разрез завершается собственно пойменными отложениями приречной фации (пачка С), имеющими мощность 1,0—1,3 м и аналогичными рассмотренным ранее осадкам пачки III в точках Ia и Ib (см. фиг. 16 и 58).

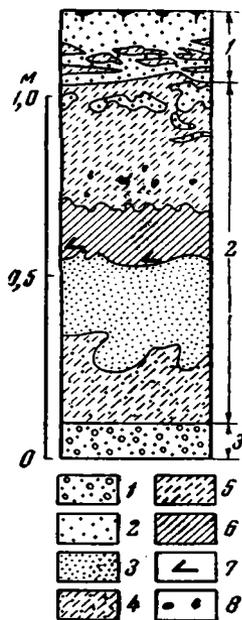
Фациальный переход центрально-старичных отложений (пачка В₁) в русловые по простиранию резкий и имеет характер прислонения. Вниз же по разрезу этот переход, возможно, более постепенный — через про-

слои заиления русловой отмели (однако самые нижние горизонты старичной линзы в обнажении не вскрываются). Верхняя часть старичных отложений (пачка В₂) в краевой части линзы налегает по резкой границе на отмытые пески русловой отмели и постепенно переходит по простиранию в пойменные фации, главным образом в профиль луговой почвы. Последняя имеет в разрезе волнистое залегание, отмечая поверхность бывшего рельефа, погребенного позже под молодыми осадками фации приречной поймы (пачка III).



Фиг. 62. Разрез небольшой старичной линзы в пойме Днепра близ г. Черкассы (обн. 75).

1 — песок; 2 — суглинок легкий (алеврит); 3 — суглинок средний; 4 — суглинок тяжелый (алевро-пелит); 5 — железистые конкреции



Фиг. 63. Разрез небольшой старичной линзы в пойме Днепра в районе Канева (обн. 105).

1 — песок мелко-среднезернистый; 2 — песок мелкозернистый; 3 — песок алевритовый; 4 — алеврит песчаный; 5 — супесь тяжелая (алеврит); 6 — суглинок легкий (алеврит мелкий); 7 — крупные растительные остатки; 8 — железистые стяжения

Обнажение 75. Левобережная пойма Днепра в 5 км ниже г. Черкассы. На дне небольшой старичной ложбины в 350 м от русла Днепра шурфом 75 пройдено (фиг. 62, сверху вниз):

1. Молодой нанос руслового типа, представленный среднезернистым светло-серым песком ($Md=0,25$ мм, $S_o=1,20$), имеющим мелкую пологую слоистость. В самой нижней части слоя песок чередуется с пологоволнистыми прослойками (0,5—1,5 см) темно-бурого суглинка
2. Старичный осадок — суглинок легкий и средний (алеврит), с $Md=0,04—0,05$ мм, $S_o=2,62—3,24$, темно-серый до черного, оглеенный, с неясной пологоволнистой слоистостью. Последняя проявляется плохо вследствие оглеенности и большой влажности осадка. В слое содержится многочисленные железистые примазки и конкреционные стяжения неправильной угловатой формы. Эти стяжения в верхней половине слоя

Мощность, м

0,24

встречаются редко в виде горошин до 1—2 мм. Книзу размер конкреций постепенно возрастает до 2—3 см (в некоторых случаях до 12—15 см), а коэффициент конкрециенности доходит до 5—10%. Прочность конкреционных отложений различная, но в общем небольшая. Самые нижние 10 см слоя 2 совсем лишены конкреций и представлены очень пластичным тяжелым суглинком ($Md=0,011$ мм, $S_o=2,34$), имеющим темно-серый с синеватым оттенком цвет

1,45

3. Песок мелкозернистый ($Md=0,15$ мм, $S_o=1,33$), серый, неяснослоистый, образовавшийся, по-видимому, в начальную стадию старицы, тесно связанную с руслом

0,10

(видимая)

Описанный разрез 75 примечателен прежде всего тем, что в старичных отложениях (слой 2) обнаружена довольно редкая для них находка многочисленных крупных конкреционных стяжений гидроокислов железа. Эти последние, по-видимому, образовались благодаря повышенной миграции железа в условиях некоторого заболачивания старичной ложбины. В пользу этого свидетельствует явное понижение величины рН осадков вверх по разрезу: от 6,60—6,33 в нижней части слоя 2, обогащенного конкрециями, до 5,79—5,75 в верхней части этого слоя, где конкреций почти нет.

Обнажение 105. Сходный характер имеют осадки небольшой старичной ложбины, разрез которой вскрыт закопшей 105 в районе Канева (фиг. 63). Здесь старичные отложения (слой 2) образовались также в существенно болотной обстановке. Наиболее низкие значения рН (5,15) зафиксированы в осадках, обогащенных гумусом и, несомненно, связанных с болотным почвообразованием. Вверх по разрезу состав старичных отложений изменяется от легких супесей (песчаных алевритов) с $Md=0,09—0,08$ мм, $S_o=1,38—1,60$ до тяжелых супесей и легких суглинков (алевритов) с $Md=0,04$ мм, $S_o=1,90—2,04$. Во многих местах, особенно в верхней части слоя 2, старичные осадки слабо сцементированы гидроокислами железа, однако хорошо выраженных конкреционных стяжений в них нет. Слоистость слоя 2 неясная, но в верхней его части ясно выражены сингенетичные текстуры смятия, обусловленные, очевидно, вытапывающей деятельностью крупных копытных.

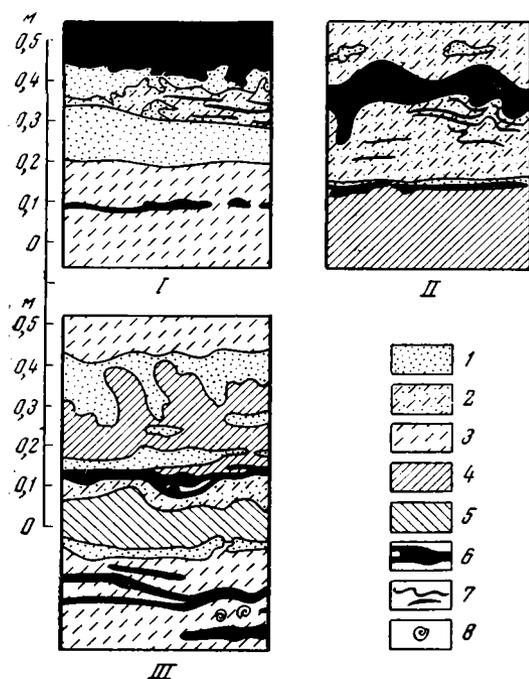
4. ФАЦИИ АЛЛЮВИЯ СМЕШАННОГО ТИПА

В группе этих отложений может быть выделено с генетической точки зрения большое количество фаций и субфаций. Из них наибольшее значение, пожалуй, имеют отложения вторичных водоемов поймы и болотного типа (торфяники, болотные почвы). Свообразными чертами отличается также локальная фация аллювиально-пролювиальных отложений поймы, довольно широко развитая на Днепре в районе Канева. Ниже дана краткая характеристика отмеченных фаций.

Фация вторичных водоемов поймы

Вторичные водоемы возникают в пределах пониженных ложбин поймы обычно вследствие задержки вод на их поверхностном заиленном водоупоре. Характер осадков в этих водоемах и в мелких старицах ничем существенным не отличается, особенно если они находятся в сходных условиях на пойме. С этой точки зрения характеристику отложений вторичных водоемов поймы можно было дать совместно со старичными, однако это было бы неправильно, так как старицы и вторичные водоемы поймы являются генетически совершенно различными образованиями.

Каковы же признаки, отличающие вторичные водоемы от стариц? Во-первых, старицы представляют собой брошенные участки русел, и их глубина обычно вполне соизмерима с глубиной главных русел (сравнить табл. 5 и 6 с табл. 8). Глубина же вторичных водоемов обычно значительно меньше. Во-вторых, в плане старицы имеют вид длинных лент, в то время как для вторичных водоемов характерна более изометричная форма. В-третьих, старичные илестые осадки озерного типа непосредственно переходят книзу в русловые фации, так как на первых порах своего развития старицы тесно связаны с руслом. Наиболее характерной особенностью осадков вторичных водоемов поймы является то, что они переходят книзу не в русловые, а в собственно пойменные отложения. Впрочем из последнего общего правила могут быть и исключения. Это прежде всего касается наиболее глубоких бочагов, образовавшихся вследствие интенсивной циркуляции полых вод, приводящей к узлокальному размыву поверхностных пойменных отложений. Такие бочаги тяготеют обычно к руслу или крупным межгрядным ложбинам, являющимся артериями стока полых вод. Размер бочагов обычно не превышает 20—40 м, однако глубина их доходит до 2—3 м. Зондирование осадков в глубоких бочагах показывает, что непосредственно под поверхностными илами обычно идет толща мелкозернистых отмытых песков руслового типа, принадлежащих, по-видимому, фации прирусловых валов, и даже верхним частям русловых отmelей. Глубокие бочаги особенно широко распространены в пределах поймы Оки и Десны.



Фиг. 64. Разрезы отложений краевых частей вторичных водоемов поймы Днепра (I — обн. 121 в районе Канева, II — обн. 56 в районе Кременчуга, III — обн. 71 в районе Боровицы).

1 — песок мелкозернистый; 2 — супесь с песком; 3 — супесь; 4 — суглинок легкий; 5 — суглинок средний; 6 — супеси и суглинки, обогащенные органическим веществом; 7 — реликты первичной слоистости; 8 — фауна пресноводных моллюсков

Выделять в разрезах отложения вторичных водоемов поймы помогает совокупность ряда признаков. Для неглубоких вторичных водоемов особенно важное значение имеет характер перехода в нижележащие осадки (как правило, собственно пойменные). Для отложений наиболее глубоких водоемов существенным оказывается характер перехода по простиранию в соседние фации (обычно резкий).

Почти во всех случаях отложения вторичных водоемов имеют вид небольших, изометричных в плане линз.

О характере поверхностных осадков современных вторичных водоемов поймы можно судить по табл. 10. Приведенные здесь данные очень сходны с данными по старичным осадкам (см. табл. 9), особенно в краевых частях стариц. Осадки вторичных водоемов поймы представ-

Таблица 10

Гранулометрический состав поверхностных осадков вторичных водоемов поймы (содержание фракций, %)

Река, пункт	№ точки	Фациальная обстановка	Глубина, м	№ образца	Осадок	Размеры фракций, мм						
						2,0—1,0	1,0—0,5	0,5—0,25	0,25—0,10	0,10—0,01	0,01—0,001	<0,001
Днепр, район Канева	9	Узкий мелкий водоем (15×150 м), вытянутый вдоль межгрядной ложбины	0,4	584	Ил алевритовый, буровато-серый, с <i>Limnaea stagnalis</i> (L.), <i>Coretus corneus</i> (L.) и др.	—	—	0,73	3,09	84,55	8,36	3,27
	10	Небольшое озерко (50×20 м) в межгрядной ложбине	0,6	595	Ил алевритовый, светло-серый, с <i>Limnaea stagnalis</i> (L.), <i>Viviparus viviparus</i> (L.) и др.	—	0,50	3,10	3,30	84,40	6,70	2,00
	1	Глубокий бочаг (40×20 м)	2,4	1202	Ил алевритовый, серый, с массой мелких растительных остатков	—	0,26	6,05	11,78	49,38	20,00	12,53
Днепр, район Кременчугского водохранилища	35	Узкий водоем (15×65 м), вытянутый вдоль межгрядной ложбины	0,6	358	Ил крупноалевритовый, светло-серый	—	0,30	2,80	18,60	56,10	16,10	6,10
	13	Крупный неглубокий бочаг (50×15 м)	0,7	427	Песок м/з, серый, с массой <i>Viviparus viviparus</i> (L.) и др.	—	сл.	32,80	55,00	8,40	2,40	1,40
Днепр, район Днепровско-Каменки (см. фиг. 2)	23	Неглубокая плоская западина (60×50 м)	1,0	1208	Ил песчано-алевритовый, темно-серый, с мелкими растительными остатками	0,14	0,29	6,60	28,13	36,04	20,68	8,12
Десна, район Чернигова (см. фиг. 46)	16	Крупный глубокий бочаг (40×20 м)	2,5	1180	Ил алевритовый, темно-серый	—	—	0,03	2,65	78,94	12,21	6,17
	17	Озеро (100×30 м) в межгрядной ложбине	1,6	1181	То же	—	—	0,20	2,18	67,54	18,06	12,02
	18	Озеро (80×40 м) в широкой межгрядной ложбине	3,5	1182	Ил мелкоалевритовый, буровато-серый	—	—	0,07	0,83	57,31	26,47	15,32
Ока, район Спаска-Рязанского (см. фиг. 53)	2	Глубокий бочаг (35×15 м)	5,0	1055	Ил мелкоалевритовый, голубовато-серый	—	—	0,08	4,82	54,56	25,32	15,22
	6	Крупный глубокий бочаг (50×20 м)	4,0	1067	Ил алеврито-глинистый, бурый, с множеством глинистых окатышей до 1—2 мм	1,27	0,78	0,76	15,89	39,89	30,21	11,20

лены обычно серыми алевритовыми илами, обогащенными органическим веществом. Мощность илов невелика (до 10—15 см), особенно в водоемах явно эрозионного происхождения — бочагах. Коренное дно бочагов твердое. В зависимости от мощности пойменного аллювия и глубины эрозионного вреза оно бывает песчаным (на Днестре) или существенно глинистым (на Оке). В некоторых бочагах слой свежих тонких илов может практически отсутствовать, что свидетельствует о повышенной локальной гидродинамической активности полых вод в их пределах.

Наибольшим диапазоном гранулометрического состава отличаются осадки вторичных водоемов поймы Днестра. Они представлены обычно алевритами (чаще $Md=0,05—0,03$ мм) различной степени сортированности (от $S_o=1,66$ в обр. 584 до $S_o=4,67$ в обр. 1208). Однако среди них нередки и хорошо отсортированные пески (например, обр. 427 с $Md=0,20$ мм и $S_o=1,45$).

Осадки вторичных водоемов поймы Десны представлены более мелкими и однородными алевритами с $Md=0,02—0,01$ мм и $S_o=1,86—2,50$. Осадки аналогичной фации на Оке характеризуются такой же средней размерностью частиц ($Md=0,01—0,02$ мм), но несколько худшей их сортировкой ($S_o=2,42—4,07$).

Малая степень сортированности осадков вторичных водоемов поймы Оки объясняется большим содержанием в них пелитовых и тонкоалевритовых частиц, тогда как сходная степень сортировки некоторых осадков вторичных водоемов поймы Днестра обусловлена в основном существенной примесью песчаных частиц. Осадки аналогичной фации аллювия Десны имеют более однородный алевритовый состав и поэтому лучше отсортированы.

О текстурных особенностях отложений вторичных водоемов поймы можно судить по разрезам, вскрытым целым рядом закопаш в пределах тех водоемов, которые летом пересыхают. Особенно благоприятные условия для этого имеются на Днестре, где вторичные водоемы поймы, как правило, неглубоки. Типичные разрезы этой фации аллювия изобра-



Фиг. 65. Прерывистая пологоволнистая слоистость в осадках краевой части вторичного водоема поймы. Обн. 146 в районе Днепрово-Каменки

жены на фиг. 64 и 65. Для осадков неглубоких вторичных водоемов характерна пологая, слегка волнистая слоистость. Она очень часто оказывается сложно деформированной за счет вытаптывания осадков крупными животными, ходившими на водопой. В целом текстуры осадков неглубоких вторичных водоемов очень сходны с текстурами осадков краевых частей стариц.

В отношении же осадков наиболее глубоких частей вторичных водоемов, которые во время межени не пересыхают, можно с большой вероятностью предполагать, что для них характерна пологая и пологоволнистая слоистость, возможно, осложненная местами небольшими подводными оползнями.

Фация пойменных торфяников и болотных почв

Эта фация довольно широко распространена в пределах изученных участков поймы Днепра, Десны и Оки.

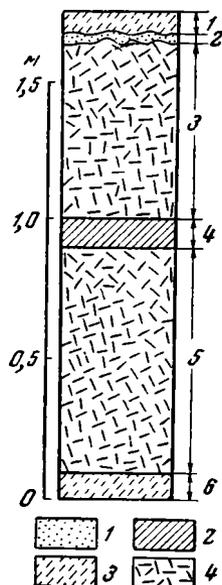
Особенности состава и условия образования современных торфяников и болотных отложений вообще подробно освещены в специальной болотоведческой литературе. Большой материал содержится в сводках В. Н. Сукачева (1926), В. С. Доктуровского (1922), Д. Герасимова (1932). Литологический состав болотных осадков, а также встречающиеся в них минеральные новообразования освещены в монографии Н. М. Страхова (1947), а также в статье Г. И. Бушинского (1946).

В связи с вышесказанным, а также с тем, что болотные отложения не являлись для автора объектом специального изучения, в настоящей работе о них придется ограничиться лишь некоторыми беглыми замечаниями.

При характеристике старичного аллювия отмечались отложения болотного типа, являющиеся переходными между старичными и собственно пойменными отложениями и слагающие верхние части разрезов старичных линз. Эти отложения представлены неясно-пологослоистыми или скрытослоистыми супесями и суглинками, носящими нередко следы биогенного смятия — вытаптывания крупными копытными. Для осадков характерны многочисленные пятна ожелезнения (чаще всего в виде вертикальных трубочек по ходам корней), а также низкие значения рН (5,5—5,0 и ниже). Эти осадки характеризуют конечный этап развития старичного водоема — стадию зарастания старичной ложбины и выполнения ее осадками. Однако процесс осадконакопления происходит и в это время достаточно быстро, так что хорошо выраженных слоев автохтонного торфа или почвенных профилей обычно не образуется.

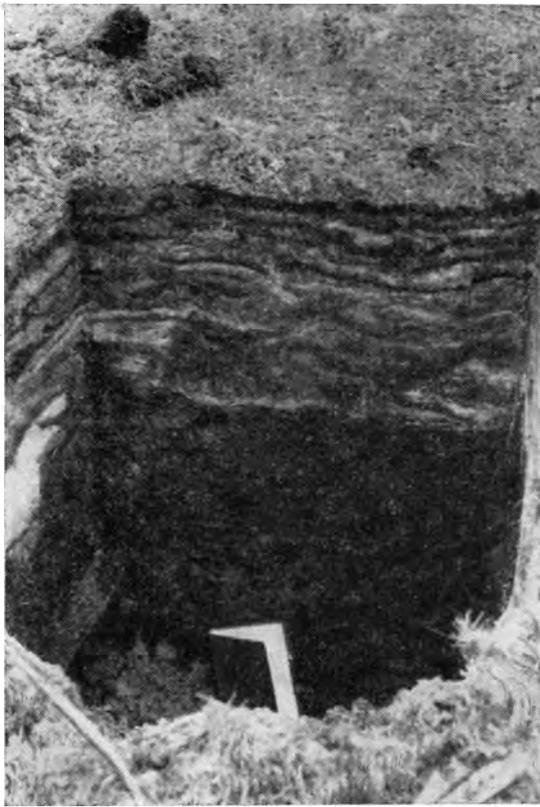
Современные торфяники в пределах пойм изученных участков рек имеют различную мощность, обычно не превышающую 1,5—2 м.

Один из наиболее крупных торфяников (фиг. 66) был вскрыт в районе Канева близ с. Ляп-



Фиг. 66. Разрез современного торфяника поймы р. Днепра в районе Канева (обн. 112).

1 — алеврит песчаный; 2 — алеврит крупный (супесь); 3 — алеврит мелкий (суглинок); 4 — торф осоковый



Фиг. 67. Иловато-глеевая болотная почва, погребенная под молодым пойменным наилком. Пойма Днепра в районе Канева (обн. 108в)



Фиг. 68. Аллювиально-пролювиальные отложения поймы Днепра в районе Канева (обн. 125)

лява в притеррасном понижении поймы Днепра. Здесь закопушей 112, продолженной бурением, сверху вниз пройдено:

Мощность, м

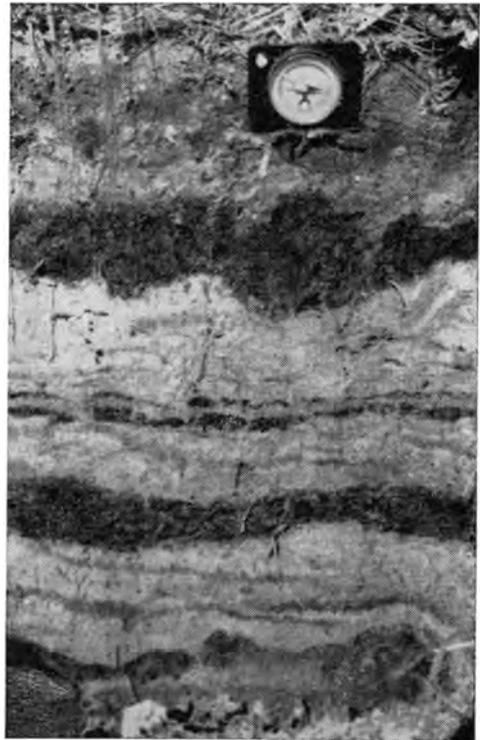
- | | |
|---|-----------|
| 1. Дерновый слой — алевроит крупный (супесь), буровато-черный, сплошь пронизанный мелкими корнями | 0,07 |
| 2. Алевроит песчаный ($Md=0,09$ мм, $So=1,29$), серый, хорошо отмытый, неслоистый, залегающий в виде слоя переменной мощности с раздувами и пережимками | 0,02—0,06 |
| 3. Торф осоковый, очень влажный, переполненный еще неперегнившими стеблями и корнями. Верхние 15 см слоя имеют темно-бурый цвет, ниже цвет становится буровато-черным | 0,60 |
| 4. Алевроит мелкий (суглинок средний) с $Md=0,02$ мм, $So=2,86$, серый, оглеенный, скрытослоистый, содержащий довольно редкие растительные остатки. Слой 4 служит водоупором | 0,10 |
| 5. Торф осоковый, буровато-черный, очень влажный | 0,80 |
| 6. Алевроит (супесь) с $Md=0,035$ мм, $So=1,79$, зеленовато-серый, оглеенный | 0,10 |

(видимая)

pH осокового торфа из описанного обн. 112 составляет 6,07—6,10, а pH грунтовой воды из торфяника — 6,56.

В пределах изученных участков поймы Десны и Оки достаточно мощных торфяников обнаружить не удалось. Зато в низких кочкарниковых ложбинах очень часто встречаются сильно заторфованные болотные осадки мощностью до 0,8—1,0 м. Эти осадки, имеющие темно-бурый (в верхних частях разрезов) и буровато-черный цвет, представлены тяжелыми пылеватыми суглинками ($Md=0,014—0,0056$ мм, $So=3,50—2,30$) и даже настоящими глинами ($Md=0,005—0,0035$ мм, $So=3,00—3,09$). Степень заторфованности осадков различная, но, как правило, содержание органического углерода не превышает в них 25—30%. Разрезы этих своеобразных маломощных торфяников неоднородны: обычно в них намечается три-четыре слоя торфа мощностью 0,15—0,40 м, разделенных прослойками более терригенного материала. Нередко в торфяниках поймы Десны встречаются прослойки и гнезда болотных мергелей желтоватого и серого цвета, в которых содержание $CaCO_2$ доходит до 40—45%. В нижних горизонтах этих торфяников попадаются частично растворенные раковины моллюсков. Все встреченные торфяники имеют осоковый состав. pH их осадков составляет 5,55—6,23, а грунтовых вод — 6,12—6,70.

Болотные почвы распространены значительно шире, чем торфяники, и представлены различными типами иловато-глеевых и, реже, торфяно-глеевых почв (фиг. 67). Мощность болотных почв невелика — 0,25—0,45 м



Фиг. 69. То же. Видны гумусированные прослойки и современная зачаточная почва (обн. 124)

(редко больше). В их профиле отчетливо выделяются два горизонта. Верхний горизонт окрашен в черный или буровато-черный цвет и представлен тяжелым и средним суглинистым материалом, агрегированным в комочки размером 2—5 мм. Нижний горизонт имеет более светлый (серый, темно-серый) цвет вследствие меньшего содержания гумуса, а также сильной оглеенности и отличается более легким механическим составом (суглинки, супеси). В этом глеевом горизонте наблюдаются многочисленные мелкие пятна гидроокислов железа, преимущественно вертикальные — по ходам современных корней растений.

Болотные почвы отличаются наиболее низкими значениями рН, а именно 5,8—4,3.

Аллювиально-пролювиальные осадки поймы (Днепр)

Эта локальная фация широко развита на правобережной пойме Днепра в районе Канева. Здесь большая расчлененность высокого коренного берега приводит к усиленному выносу на пойму тонкого обломочного материала из коренных пород, главным образом из лёссовидных суглинков. Этот материал не успевает полностью перерабатываться полыми водами и накапливается в виде обширных, очень плоских вееров выноса до 1—1,5 км в поперечнике, приуроченных к устьям очень крупных оврагов.

По внешнему виду осадки описываемой фации почти не отличаются от обычных пойменных отложений (фиг. 68 и 69). Они имеют такую же пологую, слегка волнистую слоистость, обусловленную ритмичным чередованием более светлых супесчаных и более темных суглинистых слоев.

Углы наклона слоев составляют от 0 до 4—6°, в среднем 1—2° (к реке).

Отличительной особенностью аллювиально-пролювиальных осадков Днепра в районе Канева является небольшая, но постоянная примесь в них тонко рассеянных карбонатов кальция (до 2,2—2,6%), что обуславливает устойчивую слабощелочную реакцию (рН=7,91—8,15). Среда же обычных пойменных осадков слабокислая (6,3—6,8), близкая к нейтральной.

В некоторых разрезах описываемых отложений, достаточно удаленных как от русла, так и от коренного берега, видно значительное проявление почвообразовательных процессов. Это сказывается в том, что осадки в самых верхних частях разрезов лишены первичной слоистости и карбонатности, зато сильно обогащены гумусом и представляют собой зачаточные дерново-луговые почвы (фиг. 69).

Глава III

МЕХАНИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРРИГЕННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ В ОТЛОЖЕНИЯХ РАЗЛИЧНОГО ФАЦИАЛЬНОГО ТИПА

1. ОСОБЕННОСТИ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА И МЕХАНИЧЕСКОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ МАТЕРИАЛА

Выявление особенностей гранулометрического состава аллювия, в частности изменения соотношения Md и S_0 , позволяет, помимо обобщения его характеристики, раскрыть также некоторые количественные стороны механической дифференциации.

Механическую дифференциацию аллювия можно рассматривать, с одной стороны, по направлению от русла в глубь поймы и, с другой стороны, вдоль направления речной долины. В первом случае можно абстрагироваться от влияния конкретных источников питания и рассматривать особенности основных фаций и литологических типов аллювия как функцию изменения гидродинамического режима половодного потока при движении от русла в глубь поймы. Во втором случае на первое место выступают особенности транспортировки аллювиальных осадков, которые контролируются изменением гидродинамического режима реки по течению, а также изменением соотношения источников питания аллювия на разных участках течения реки.

Особенности механической дифференциации осадков от русла в глубь поймы

По направлению от русла в глубь поймы размер частиц осадков и степень их сортированности закономерно уменьшаются, обуславливаясь ослаблением гидродинамической активности половодного потока. Другими важными факторами, определяющими «физиономию» главных фаций и петрографических типов осадков, являются: степень мутности воды, преобладающий способ транспортировки наносов, рельеф поймы и дна русла и др.

Статистическое усреднение величин Md и S_0 осадков позволяет расположить все главные фации и типы осадков аллювия в четкий последовательный ряд от русла в глубь поймы, который можно назвать фациально-седиментационным профилем аллювия: приречная зона русла → русловая отмель → прирусловой вал → приречная пойма → внутренняя пойма → вторичный водоем поймы → старица → болотные почвы и торфяники. В пределах первых четырех фациальных обстановок процессы механической дифференциации проявляются в наиболее ясной форме. Для внутриводоемных, болотных,

Усредненные данные о гранулометрическом составе современных аллювиальных осадков Среднего Днепра

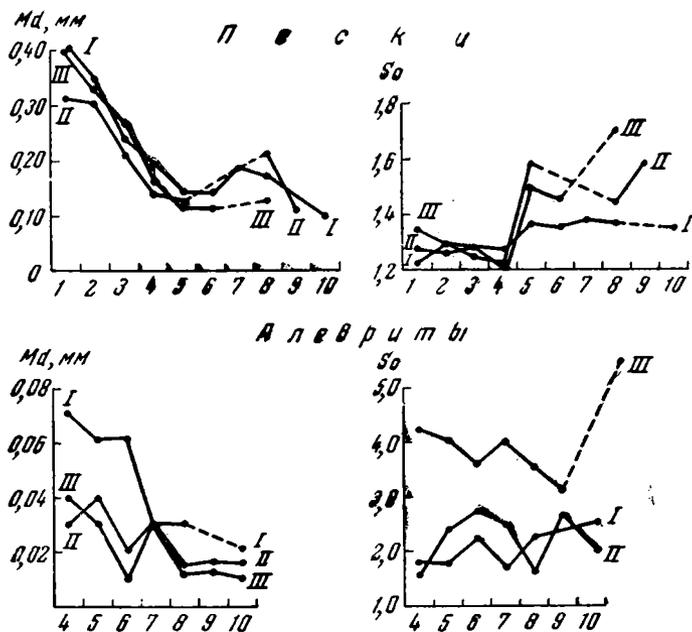
Макро- фации	Фации	Субфации и некоторые микрофации	Гранулометрические типы осадков				
			Пески	Алевриты	Пелиты		
Русловая	При- стрез- невая	Перекаатов	$Md = 0,40$ мм $So = 1,35$	Пески с/з (10) Пески р/з (преобладают с/з) (6) Пески р/з (преобладают к/з) (1)	—	—	
		Плёсов	$Md = 0,35$ мм $So = 1,30$	Пески с/з (17) Пески р/з (преоблада- ют с/з) (2) Пески м/з (1)	—	—	
		Микрофация заиленных плёсов	$Md = 0,19$ мм $So = 1,39$	Пески заиленные м/з (7) Пески заиленные р/з (преобладают с/з) (2) Пески заиленные р/з (преобладают м/з) (1)	—	—	
	Русловых отмелей	$Md = 0,25$ мм $So = 1,29$	Пески м/з (35) Пески с/з (28) Пески р/з (преобладают с/з) (7) Пески р/з (преоблада- ют м/з) (1)	—	—		
		Заиленных отмелей	$Md = 0,13$ мм $So = 1,79$	Пески м/з заиленные (2)	$Md = 0,02$ мм $So = 2,22$	Илы алевритовые (2) Илы алевро-пелитовые (1)	—
Боковых проток	Стрежня проток	Стрежня проток	$Md = 0,29$ мм $So = 1,30$	Пески с/з (7) Пески м/з (2)	—	—	
		Отмелей проток	$Md = 0,19$ мм $So = 1,28$	Пески м/з (12) Пески р/з (преобладают м/з) (2) Пески с/з (1)	—	—	
	Микрофация заиленных проток	$Md = 0,19$ мм $So = 1,44$	Пески м/з заиленные (1)	$Md = 0,07$ мм $So = 1,50$	Илы алевритовые (2) Илы мелколесчано- алевритовые (1)	—	

Таблица 11 (окончание)

Макрофа- ции	Фации	Субфации и некоторые микрофации	Гранулометрические типы осадков			
			Пески		Алевриты	
Поймен- ная	Прирусловых валов	$Md = 0,19$ мм $S_o = 1,28$	Пески м/з (38) Пески с/з (10) Пески р/з (преобладают м/з) (2)	$Md = 0,07$ мм $S_o = 1,94$	Алевриты (2) Алевриты мелкопесча- ные (1)	—
	Приречной поймы	$Md = 0,14$ мм $S_o = 1,37$	Пески м/з (35)	$Md = 0,06$ мм $S_o = 1,92$	Алевриты (25) Алевриты мелкопесча- ные (6)	—
	Внутренней поймы	$Md = 0,14$ мм $S_o = 1,36$	Пески м/з (6)	$Md = 0,06$ мм $S_o = 2,30$	Алевриты (14) Алевриты мелкопесча- ные (6) Алевро-пелиты (1)	—
Старичная	Небольших стариц и краевых частей крупных стариц	$Md = 0,17$ мм [•] $S_o = 1,37$	Пески м/з (6) Пески р/з (преоблада- ют м/з) (1)	$Md = 0,03$ мм $S_o = 2,34$	Илы алевритовые (22) Илы глинисто-алевро- вые (2)	$Md = 0,005$ мм $S_o = ?$ Илы глинистые (2)
	Центральных частей крупных стариц	—	—	—	—	—
Осадки смешан- ного ха- рактера	Вторичных водоемов поймы	$Md = 0,18$ мм $S_o = 1,38$	Пески м/з заиленные (1) Пески р/з (преоблада- ют м/з) заиленные (1)	$Md = 0,03$ мм $S_o = 1,75$	Илы алевритовые (7) Илы глинисто-алевро- итовые (1)	—
	Пойменных торфяников и болотных почв	$Md = 0,10$ мм $S_o = 1,35$	Пески м/з алевритовые (1)	$Md = 0,02$ мм $S_o = 2,56$	Алевриты (7)	$Md = 0,009$ мм $S_o = 3,80$ Пелиты (1)
	Аллювиально-пролювиальные отложения поймы	$Md = 0,14$ мм $S_o = 1,88$	Пески р/з (преоблада- ют м/з) алевритовые (4)	$Md = 0,03$ мм $S_o = 1,90$	Алевриты (8)	—

Примечание. Цифры в скобках в табл. 11—13 обозначают количество исследованных образцов.

старичных и им подобных осадков характерны менее ярко выраженная механическая дифференциация и существенное влияние наложенных процессов накопления автохтонного органического материала. В целом в пределах фациального профиля аллювия механическая дифференциация обуславливает закономерное изменение гранулометрического состава (Md , S_o) осадков, содержания тяжелой фракции, распределение элементов со сложными формами миграции (железо,



Фиг. 70. Характер изменения Md и S_o в фациально-седиментационном профиле современных аллювиальных осадков.

Реки: I — Днепр, II — Десна, III — Ока.

Фашии: 1 — перекааты; 2 — плёсы; 3 — русловые отмели; 4 — прирусловые валы; 5 — приречная пойма; 6 — внутренняя пойма; 7 — вторичные водоемы поймы; 8 — небольшие старицы и краевые части крупных стариц; 9 — центральные части крупных стариц; 10 — торфяники и болотные почвы

малые элементы и др.), сортировку терригенных минералов по их размеру, удельному весу и форме.

Сводные данные о гранулометрическом составе осадков Днепра, Десны и Оки приведены в табл. 11, 12 и 13. Здесь указаны величины Md и S_o для трех главнейших гранулометрических типов осадков — песков, алевритов и пелитов, а также конкретные типы осадков и частота их встречаемости в разных фашиях. Разделение алевритов на крупные ($Md = 0,10—0,05$ мм) и мелкие ($Md = 0,05—0,01$ мм) разности не произведено по двум причинам: во-первых, из-за сравнительного малого объема аналитического материала подвергнутого статистической обработке, и, во-вторых, вследствие того, что при некоторых анализах алевритовая фракция не разделялась, что затрудняет сравнение с другими, более полными анализами сходного материала.

Из табл. 11, 12, 13 и фиг. 70 можно заключить, что усредненные значения Md и S_o осадков имеют вполне фиксированные соотношения для определенных фаший. Приблизительную числовую характеристику механической дифференциации аллювия можно получить при сравнении

Усредненные данные о гранулометрическом составе современных аллювиальных осадков Десны в районе Чернигова

Макрофацции	Фацции	Субфацции и некоторые микрофацции	Гранулометрические типы осадков				
			Пески		Алевриты		Пелиты
Русловая	Пристречневая	Перекаатов	$Md = 0,31$ мм $S_o = 1,23$	Пески с/з (4)	—	—	
		Плёсов	$Md = 0,30$ мм $S_o = 1,32$	Пески с/з (8) Пески м/з (2) Пески р/з (преобладают м/з) (1)	—	—	
		Микрофацция заиленных плёсов	$Md = 0,26$ мм $S_o = 1,36$	Пески с/з (2) и м/з (1), заиленные	—	—	
	Русловых отмелей	$Md = 0,21$ мм $S_o = 1,25$	Пески м/з (16) Пески с/з (8) Пески р/з (преобладают с/з) (1) Пески р/з (преобладают м/з) (1)	—	—		
	Заиленных отмелей	—	—	$Md = 0,03$ мм $S_o = 1,76$	Илы алевритовые (4)	—	
Пойменная	Прирусловых валов	$Md = 0,14$ мм $S_o = 1,21$	Пески м/з (6)	$Md = 0,03$ мм $S_o = 1,76$	Алевриты (2)	—	
	Приречной поймы	$Md = 0,12$ мм $S_o = 1,59$	Пески м/з (10)	$Md = 0,04$ мм $S_o = 2,52$	Алевриты (9) Алевриты мелкопесчаные (1)	$Md = 0,006$ мм $S_o = ?$	Пелиты (1)
	Внутренней поймы	—	—	$Md = 0,02$ мм $S_o = 2,82$	Алевриты (9)	$Md = 0,007$ мм $S_o = ?$	Пелиты (1)

Таблица 12 (окончание)

Макрофации	Фации	Субфации и некоторые микрофации	Гранулометрические типы осадков			Пелиты	
			Пески	Алевриты			
Старичная	Небольших стариц частей крупных стариц	Небольших стариц и краевых частей крупных стариц	$Md = 0,21$ мм $S_o = 1,43$	Пески м/з (2) Пески р/з (преобладают с/з) (1) Пески с/з (1)	$Md = 0,014$ мм $S_o = 1,74$	Илы алевритовые (6)	—
			Центральных частей крупных стариц	Пески м/з заиленные (1)	$Md = 0,015$ мм $S_o = 2,76$	Илы алевритовые (5) Илы глинисто-алевритовые (3) Илы алевритово-мелкопесчаные (1)	$Md = 0,009$ мм $S_o = 2,72$
Осадки смешанного характера	Вторичных водоемов поймы	—	—	$Md = 0,03$ мм $S_o = 2,14$	Илы алевритовые (3)	—	
	Пойменных болотных почв и торфяников	—	—	$Md = 0,015$ мм $S_o = 2,11$	Алевриты (2)	$Md = 0,002$ мм $S_o = ?$	Пелиты (4) Мергели (1)

сходных гранулометрических типов осадков разных фаций с одним из них, принятым за эталон. К примеру, если при сопоставлении песчаных осадков, образованных из влекомого по дну материала, принять Md песков прирусловых валов за 1,0, то Md сходных осадков пристрежневой фации составит в норме 2,1—2,2, русловых отмелей—1,3—1,6, стариц и вторичных водоемов поймы—0,8—0,9. Для алевритовых осадков, образующихся главным образом за счет взвесей, в качестве стандарта можно взять осадки приречной поймы, приняв их Md за 1,0; тогда Md аналогичных осадков прирусловых валов в норме составит 1,3—1,2, внутренней поймы—1,0—0,5, осадков старичного типа—0,5—0,3, болотных осадков—0,3. В отношении же глинистых осадков сравнение их для оценки механической дифференциации утрачивает смысл, так как пелитовые частицы очень часто коагулируют во взвешях и осаждаются вместе с мелкоалевритовыми частицами.

Для прямого сопоставления степени сортировки различных осадков можно воспользоваться величиной $lg S_o$. Так, выбрав для песчаных осадков в качестве стандарта, как и раньше, пески прирусловых валов и приняв их $lg S_o$ за 1,0, найдем, что по сравнению с ними пески пристрежневой фации отсортированы хуже в 1,1—1,3 раза, русловых отмелей—1,0—1,3, приречной

Таблица 13

Усредненные данные о гранулометрическом составе современных аллювиальных осадков Оки в районе Спасска-Рязанского

Макрофации	Фации	Субфации и некоторые микрофации	Гранулометрические типы осадков					
			Пески		Алевриты		Пелиты	
Русловая	Пристречневая	Перекаатов	$Md = 0,40 \text{ мм}$ $S_o = 1,28$	Пески с/з (6) Пески р/з (преобладают с/з) (1)	—		—	
		Плёсов	$Md = 0,33 \text{ мм}$ $S_o = 1,26$	Пески с/з (4)	—		—	
		Микрофация заиленных плёсов	$Md = 0,11 \text{ мм}$ $S_o = 2,09$	Пески м/з заиленные (1)	$Md = 0,09 \text{ мм}$ $S_o = 3,80$	Илы мелкопесчано-глинисто-алевритовые (1)	$Md = 0,004 \text{ мм}$ $S_o = 4,67$	Илы глинистые (4)
	Русловых отмелей		$Md = 0,26 \text{ мм}$ $S_o = 1,28$	Пески с/з (9) Пески м/з (7)	—		—	
		Заиленных отмелей	$Md = 0,14 \text{ мм}$ $S_o = 2,14$	Пески м/з заиленные (1)	—		$Md = 0,002 \text{ мм}$ $S_o = 3,70$	Илы глинистые (2)
Пойменная	Прирусловых валов		$Md = 0,16 \text{ мм}$ $S_o = 1,20$	Пески м/з (7)	$Md = 0,04 \text{ мм}$ $S_o = 4,36$	Алевриты мелкопесчаные (2) Алевриты (1) Алевро-пелиты (1)	$Md = 0,005 \text{ мм}$ $S_o = 3,70$	Пелиты (1)
	Приречной поймы		$Md = 0,11 \text{ мм}$ $S_o = 1,50$	Пески м/з алевритовые (2)	$Md = 0,03 \text{ мм}$ $S_o = 4,16$	Алевриты (9) Алевро-пелиты (2) Алевриты мелкопесчаные (1)	$Md = 0,007 \text{ мм}$ $S_o = ?$	Пелиты (4)
	Внутренней поймы		$Md = 0,11 \text{ мм}$ $S_o = 1,46$	Пески м/з (1)	$Md = 0,01 \text{ мм}$ $S_o = 3,71$	Алевро-пелиты (2)	$Md = 0,004 \text{ мм}$ $S_o = ?$	Пелиты (20)

Таблица 13 (окончание)

Макрофации	Фации	Субфации и некоторые микрофации		Гранулометрические типы осадков			Пелиты
		Пески	Алевриты	Пески м/з заиленые (1)	Илы алевритовые (2)	Илы глинистые (7)	
Старичная	Небольших стариц и краевых частей крупных стариц	$Md = 0,12$ мм $S_0 = 4,70$	Пески м/з заиленые (1)	$Md = 0,012$ мм $S_0 = 3,60$	Илы алевритовые (2)	$Md = 0,003$ мм $S_0 = 3,20$	Илы глинистые (7)
			—	$Md = 0,012$ мм $S_0 = 3,19$	Илы алевритовые (1) Илы глинисто-алевритовые (1)	$Md = 0,002$ мм $S_0 = ?$	Илы глинистые (13)
Осадки смешанного характера	Вторичных водоемов поймы		—	$Md = 0,03$ мм $S_0 = 4,10$	Илы алевритовые (1) Илы глинисто-алевритовые (1)	—	—
		Пойменных торфяников и болотных почв	—	$Md = 0,01$ мм $S_0 \approx 5,5$	Алевро-пелиты (1)	$Md = 0,0015$ м. $S_0 = ?$	Пелиты (5)

и внутренней поймы — 1,2—2,5, стариц и вторичных водоемов поймы — в 1,3—2,9 раза. Степень сортированности алевритовых осадков в фациально-седиментационном профиле аллювия характеризуется значительно меньшими различиями (отклонения от стандартной единицы обычно не превышают 0,8—1,5). Это, вероятно, является существенной особенностью аллювиальных осадков, образующихся за счет взвесей, по сравнению с осадками влекомого типа.

К сожалению, в распоряжении автора имеется сравнительно небольшой аналитический материал (особенно по осадкам Десны и Оки), и поэтому данные, полученные при сравнении Md и S_0 осадков в фациальном профиле аллювия, следует рассматривать лишь как весьма приблизительную количественную характеристику механической дифференциации аллювия от русла в глубь поймы.

В. А. Полянин (1953) пытается установить закономерности гранулометрического состава аллювия прежде всего по сопряженности фракций. В зависимости от состава фракций им выделяется 12 типов пород (3 типа в классе грубообломочных, 4 — песчаных, 2 — алевритовых, 2 — глинистых и 1 тип — смешанно-фракционный). Давая характеристику отдельным типам пород, В. А. Полянин связывает их седиментацию с различным характером гидродинамического режима, однако

совершенно не учитывает фаціальную обстановку нахождения этих пород.

Следует сказать, что конкретные гидродинамические условия, контролирующие гранулометрический состав осадков, до сих пор еще недостаточно изучены. А. А. Вейхер (1948) отмечает, что особенности гранулометрического состава осадков зависят не только от средней скорости потока, но и от радиуса турбулентности, от величины его смещения, от трудно учитываемых мгновенных скоростей и т. д. К тому же при всех скоростях движения воды осадок содержит смесь фракций различной крупности.

Попытки классификации осадков по их гранулометрическому профилю предпринимались многими авторами, но определенных успехов не принесли. Н. М. Страхов (1954, стр. 420), разбирая вопрос о возможных генетических истолкованиях гранулометрического профиля осадков, считает, в частности, что двувёршинные профили представляют собой полигенные образования, связанные с очень многими и весьма разнотипными процессами, и поэтому не могут являться надежными специфическими индикаторами ни одного из них.

Рассмотрим некоторые закономерности гранулометрического состава осадков различных типов аллювия с точки зрения их механической дифференциации.

В осадках руслового типа, включая сюда фацию прирусловых валов, решительно преобладают хорошо отсортированные песчаные разности, образующиеся за счет материала, транспортируемого волочением по дну и путем сальтации. При изучении данных, приведенных в табл. 11, 12 и 13, можно сделать следующие главные выводы:

1. В осадках руслового типа в общем наблюдается обратная зависимость между Md и S_0 .

2. Крупность песчаных осадков всех фаций контролируется гидродинамической активностью отложившего их водотока (Днепр > Ока > Десна).

3. Из всех осадков аллювия наиболее хорошо отсортированы пески прирусловых валов ($S_0 = 1,20—1,31$) и отмелей ($S_0 = 1,25—1,29$). Частота встречаемости в них разнозернистых песков не превышает соответственно 4 и 8—11%¹.

4. Пристрелневая фация отличается от фаций русловых отмелей и валов прежде всего более крупным составом (Md) осадков; в отношении же степени их сортировки (S_0) это различие меньше. Осадки перекатов в целом более крупные и несколько хуже отсортированы, чем отмытые осадки плёсов. Частота встречаемости разнозернистых песков составляет в этих субфациях соответственно 14—41 и 9—10%.

5. Заиленные разности осадков руслового типа наиболее характерны для отмелей, в меньшей степени — для плёсов и прирусловых валов. Заиленных осадков на перекатах не обнаружено.

6. Во всех фациях руслового типа, содержащих заиленные осадки, степень заиленности последних хорошо отражает величину мутности рек (Ока > Десна > Днепр).

Вопросами механической дифференциации руслового аллювия занимался В. А. Полянин (1951, 1953). Им было сделано несколько поперечных литологических профилей через русло Волги. Одним из основных выводов является то, что на распределение гранулометрического

¹ По данным А. А. Вейхера (1948), наиболее полное обособление фракций происходит в интервале средней скорости 1,5—3 м/сек, что соответствует $Md = 0,12—0,22$ мм. В этот размерный интервал вкладываются почти все изученные песчаные осадки прирусловых валов (в среднем $Md = 0,10—0,14$ мм) и некоторая часть песков русловых отмелей ($Md = 0,21—0,25$ мм). В. А. Полянин (1953) также отмечает, что в аллювии Волги и Камы наиболее хорошо дифференцированы пески размерностью в 0,1—0,25 мм.

состава осадков в поперечном сечении русла главное влияние оказывают скорость течения и рельеф дна русла, определяющий глубину реки. Более крупные фракции скапливаются в фарватере реки, а более тонкие выбрасываются на пологий берег поймы и таким образом сортируются по вертикальным уровням.

Перейдем теперь к собственно пойменному аллювию, представленному фациями приречной и внутренней поймы. В составе этих осадков преобладают алевритовые разности. Однако приречная пойма Днепра сложена в основном мелкозернистыми песками, а внутренняя пойма Оки — пелитами. Относительно особенностей состава рассматриваемых фаций можно сделать следующие выводы:

1. В отличие от отмываемых осадков руслового типа для собственно пойменных осадков устанавливается в общем прямая зависимость между Md и S_0 , отражающая существенную особенность осадков, образующихся за счет взвесей.

2. Степень сортированности и крупность всех литологических типов осадков поймы наибольшая в аллювии Днепра и наименьшая в аллювии Оки. Это свидетельствует о том, что главным фактором, контролирующим Md и S_0 осадков, выпадающих из взвесей, является характер и величина мутности рек, а не гидродинамическая активность последних (как для песчаных осадков руслового типа, образующихся за счет влекомого по дну материала) ¹.

3. Алевритовые и пелитовые разности осадков фации внутренней поймы в общем значительно более тонкие и хуже отсортированы, чем аналогичные типы осадков фации приречной поймы. Песчаные же осадки этих двух фаций, являющиеся исключительно монофракционными (мелкозернистыми), практически совпадают по величине Md и S_0 . Последнее обстоятельство может объясняться тем, что песчаные разности осадков внутренней поймы встречаются обычно в самых нижних частях почвенных профилей, которые сравнительно мало переработаны почвообразованием и непосредственно переходят в типичные приречно-пойменные осадки.

4. Характер осаждения мелкоалевритовых и глинистых частиц из речных взвесей сходен. Это можно заключить из рассмотрения конкретных гранулометрических спектров осадков, в которых примесь к пескам алевритовых частиц одновременно сопровождается и увеличением содержания глинистых фракций. К аналогичному выводу пришел В. А. Полянин (1953).

5. Аллювиально-пролювиальные отложения поймы, широко развитые на правобережье Днепра в районе Канева, в целом более тонкие, но несколько лучше отсортированные по сравнению с обычными пойменными осадками Днепра.

Условия накопления субаквальных осадков стариц и вторичных водоемов отличаются своеобразием, однако целый ряд особенностей гранулометрического состава, обусловленных выпадением материала из взвесей, роднит их с собственно пойменными осадками. В отношении гранулометрии осадков старичного типа можно сделать такие выводы:

1. По уменьшению крупности и степени сортировки частиц все осадки старичного типа образуют четкий последовательный ряд: вторичные водоемы поймы → небольшие старицы и краевые части крупных стариц → центральные части крупных стариц.

2. Значения Md и S_0 старичных осадков находятся в прямой зави-

¹ По степени гидродинамической активности изученные реки располагаются в следующем порядке: Десна < Ока < Днепр. В отношении величины мутности этот порядок изменяется: Днепр < Десна < Ока.

симости между собой и контролируются величиной мутности рек (Днепр < Десна < Ока), что уже отмечалось ранее для собственно пойменных осадков.

3. В отличие от алевритовых и пелитовых разностей песчаные осадки старичного типа заметно крупнее сходных осадков приречной и внутренней поймы. Это, вероятно, объясняется тем, что старичные водоемы обычно расположены на путях стока полых вод с поверхности поймы. Этот сток сопровождается некоторым размывом осадков стариц, особенно в их краевых частях. Повышенная крупность некоторых старичных песков на Десне обусловлена большим содержанием в них раковинного детрита.

Последний тип осадков, которые следует отметить отдельно, — это семиаквальные осадки фации пойменных торфяников и болотных почв. Болотные осадки в целом демонстрируют наиболее плохие условия дифференциации аллювия. Это проявляется в том, что терригенные болотные осадки по своей наименьшей крупности (Md) и сортировке (S_0) занимают крайнее положение в последовательном ряду фаций от русла в глубь поймы, а также в появлении некоторых автохтонных образований (торфа, болотных мергелей и др.), отсутствующих в других фациях аллювия.

Особенности механической дифференциации осадков вдоль реки

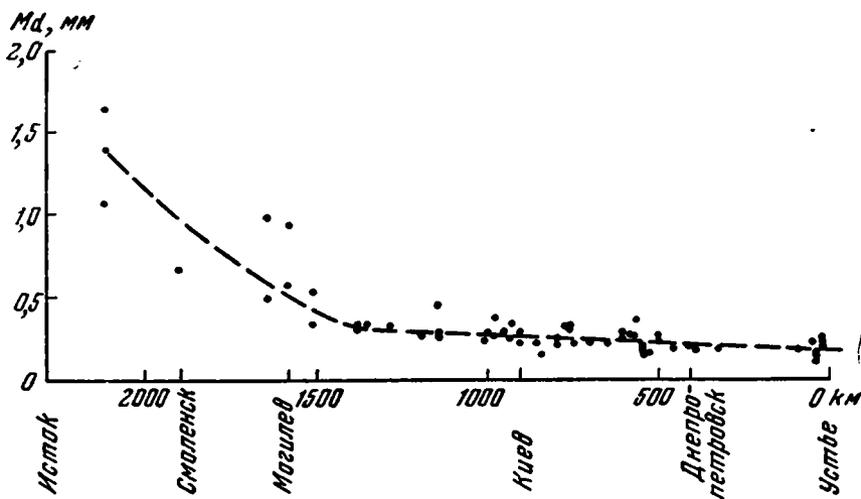
Давно уже установлено, что вниз по течению реки средний размер песчаных зерен в аллювии уменьшается. В этом отношении изучены такие горные реки, как Большая Лаба, притоку Кубани (Рухин, 1947), р. Тессин в Альпах (Bugli, 1929), р. Рио-Гранде (Rittenhous, 1944) и др. Некоторые данные есть и для равнинных рек: Миссисипи (Russell, 1937), Миссури (Dake, 1918), Волги (Рухин, 1947) и др.

Автором собран систематический материал по русловому аллювию всего течения Днепра на расстоянии более 2000 км. Объектом исследования были пески русловых отмелей, отобранные непосредственно у уреза воды в межень. Полученные данные (фиг. 71 и 72) показывают закономерное уменьшение вниз по течению среднего размера зерен (Md) русловых песков, сопровождающееся в общем увеличением степени их сортировки (S_0). Механизм этого явления довольно прост и связан с изменением гидродинамического режима реки и удалением от главных исходных источников питания — пород ледникового комплекса (флювиогляциальных, моренных и других отложений), содержащих плохо сортированный материал, обогащенный крупными обломками.

В самой верхней части течения Днепр представляет собой небольшой водоток, имеющий, однако, повышенные продольные уклоны и скорости течения. Это приводит к тому, что из аллювия вымываются наиболее мелкие песчаные и алевритовые частицы и накапливается крупный, недостаточно сортированный материал, трудно транспортируемый вниз по течению. Для оценки степени изменения Md можно воспользоваться так называемым «коэффициентом изменения зернистости» (по Рухину), показывающим степень изменения среднего геометрического размера зерен на единицу длины изученного отрезка реки (полученная цифра для удобства умножается на 1000). Производя такой расчет в отношении верхнего участка течения Днепра (2100—1400 км от устья), где изменение Md и S_0 происходит наиболее быстро, получим: $\frac{1,40 \text{ мм} - 0,33 \text{ мм}}{2100 \text{ км} - 1400 \text{ км}} \times 1000 = 1,53$. Полученный коэффициент

намного превышает аналогичные коэффициенты для большинства равнинных рек (0,2—0,4) и вполне соизмерим с его значениями для горных рек (р. Тессин — 1,1; р. Рио-Гранде — 0,6; р. Большая Лаба — 3,0). Это, очевидно, связано со специфическими условиями дифференциации аллювия в верховьях рек типа Днепра, в питании которых большую роль играют источники сноса, сильно обогащенные крупным обломочным материалом.

Далее по течению Днепра наблюдается гораздо более медленное изменение величины Md и S_0 русловых песков, что связано прежде всего с изменением характера гидродинамического режима реки. Примерно на расстоянии 1250—900 км от устья Днепр принимает свои



Фиг. 71. Характер изменения среднего диаметра (Md) песчаных частиц в осадках русловых отмелей Днепра по течению

главные притоки: Березину, Сож, Припять и Десну, что приводит к резкому увеличению расходов Днепра с 234 до 1393 м³/сек. На указанном отрезке течения Днепра S_0 аллювия падает от 1,33 до 1,20, Md — от 0,29 до 0,26 мм, а коэффициент изменения Md составляет:

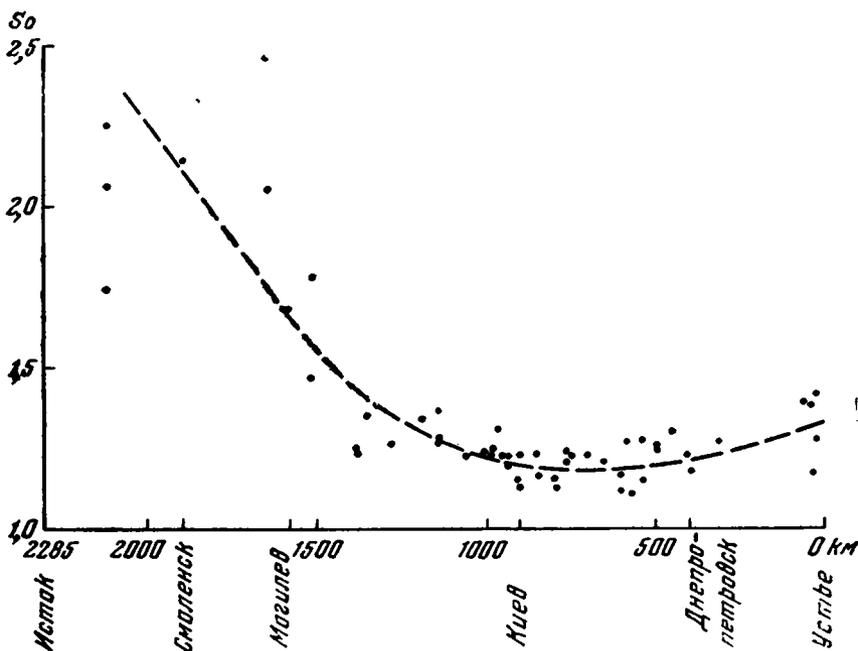
$$\frac{0,29 \text{ мм} - 0,26 \text{ мм}}{1250 \text{ км} - 900 \text{ км}} \times 1000 = 0,09.$$

Ниже Киева до устья (~900 км) Днепр представляет по существу транзитный поток. Коэффициент изменения Md практически остается тем же: $\frac{0,26 \text{ мм} - 0,17 \text{ мм}}{900 \text{ км}} \times 1000 = 0,10$. Величина S_0 достигает минимальных значений (в среднем 1,17—1,20) на участке 900—400 км от устья, а затем снова повышается к устью до 1,30—1,32. Последнее обстоятельство объясняется тем, что в условиях уменьшения продольных уклонов и скоростей течения реки близ устья продолжающийся измельчаться аллювий обогащается примесью алевритовых и глинистых частиц.

В целом Днепр демонстрирует типичный пример равнинной реки, характеризующейся довольно медленным уменьшением гранулометрического состава аллювия по течению (за исключением верхового отрезка реки). Это обусловлено главным образом двумя факторами: 1) удалением от исходных источников сноса и 2) изменением гидроди-

намического режима реки вниз по течению и соответствующим отложением обломочного материала все меньшего и меньшего размера. Первый фактор имеет особенно большое значение для самых верховых участков течения реки.

Некоторые исследователи, например Л. Б. Рухин (1947), считают, что уменьшение зернистости песков в аллювии равнинных рек происходит главным образом за счет их истирания. С этой точкой зрения нельзя, однако, полностью согласиться. В качестве одного из противоречащих ей фактов можно привести то, что в самом верхнем течении



Фиг. 72. Характер изменения коэффициента сортировки (S_o) песков русловых отmelей Днепра по течению

Днепра на расстоянии 900 км от истока скорость уменьшения Md песчаных частиц в аллювии вполне соизмерима с аналогичной скоростью уменьшения крупности осадков аллювия ряда типичных горных рек (Тессин, Рио-Гранде) и даже превосходит ее. Между тем Днепр на указанном участке течения представляет собой сравнительно небольшой водоток (средний годовой расход у г. Рогачева, расположенного примерно в 900 км от истока, составляет $170 \text{ м}^3/\text{сек}$) с близкими к обычным для равнинных рек продольными уклонами и скоростями течения. В дальнейшем будет показано на примере полевых шпатов, что механическое разрушение малоустойчивых минералов аллювия в формировании и изменении его состава играет незначительную роль.

Итак, был рассмотрен характер механической дифференциации руслового аллювия Днепра, в частности песков русловых отmelей, на всем протяжении течения реки. Как же происходит подобная дифференциация аллювия в отношении различных его фаций и географических типов?

Иными словами, как изменяется характер различных фаций аллювия вниз по течению и какие главные факторы его обуславливают?

В табл. 14 приведены усредненные данные о Md и S_0 осадков главных фаций аллювия в пределах трех районов Среднего Днепра. Эти данные позволяют прийти к выводу, что вниз по течению реки величина Md осадков всех фаций однозначно уменьшается. Так, на расстоянии 350 км между Каневом и Днепрово-Каменкой величина Md песчаных разностей осадков уменьшается в среднем на 10—15%, а алевритовых — на 40—50%. Своеобразный характер имеет изменение степени сортировки (S_0) осадков. С этой точки зрения последние делятся на две резко различные группы: 1) песчаные осадки руслового типа (включая сюда фацию прирусловых валов), образующиеся за счет влекомого по дну материала, и 2) алевритовые и мелкопесчаные осадки, образующиеся за счет взвесей (собственно пойменные, болотные, старичные и им подобные осадки). Для осадков первой группы характерно совершенно четкое увеличение вниз по течению степени их сортировки (величина S_0 падает). В отношении осадков второй группы, наоборот, наблюдается уменьшение степени их сортировки за счет увеличения примеси алевритовых и глинистых частиц.

Попробуем выяснить причины, приводящие к подобному изменению гранулометрического состава аллювия. Средний Днепр на участке от Канева до Днепрово-Каменки представляет собой мощный поток, характер гидродинамического режима которого мало изменяется (до постройки Кременчугской ГЭС) вниз по течению вследствие того, что уменьшение продольных уклонов и скоростей течения реки отчасти компенсируется увеличением ее среднегодовых расходов. Это приводит к дальнейшему повышению степени сортировки отмытых песчаных осадков руслового типа на указанном отрезке течения Днепра. Падение же среднего диаметра частиц осадков следует связать главным образом с удалением от исходных источников питания аллювия, разубоживанием последнего более мелкозернистым материалом за счет выноса притоками и поступления со склонов долины. Наконец, для русловых песков можно допустить некоторое их истирание при транспортировке. Причина уменьшения степени сортированности наносов, образующихся главным образом за счет взвесей, заключается, вероятно, в некотором увеличении мутности вод Днепра на рассматриваемом отрезке реки, что сказывается в увеличении примеси алевритовых и глинистых частиц в осадках. Кроме того, нужно учесть еще и некоторое изменение гидродинамического режима реки, создающее все более благоприятные условия для осаждения осадков из речных взвесей вниз по течению.

Количественные данные о характере изменения гранулометрического состава различных фаций аллювия вниз по течению, приведенные в табл. 14, получены для сравнительно небольшого отрезка течения Днепра (350 км), где условия транспортировки и осаждения аллювиальных наносов существенно не изменяются. Было бы полезно сравнить полученные результаты с данными по другим участкам течения Днепра (например, близ устья) или вообще по другим географическим типам аллювия. К сожалению, таких данных в отношении аллювия Десны и Оки нет. Однако вряд ли приходится сомневаться в том, что общая тенденция уменьшения среднего размера частиц осадков всех фаций вниз по течению характерна для большинства равнинных рек. Что же касается степени сортировки аллювия, то, по-видимому, она достигает для различных фаций предельных значений на разных участках течения реки. Большие коррективы могут вносить резкие изменения преобладающего характера размываемых пород в бассейне реки. К примеру, Ока, протекая по песчаным низинам Мещеры и принимая ряд крупных притоков из этой области, резко снижает свою мутность.

Обобщенные данные о среднем диаметре (Md , mm) и коэффициенте сортировки (S_o) современных аллювиальных осадков в пределах некоторых участков поймы Днепра

Фации	Субфации	Гранулометрические показатели	Пески			Алевриты		
			Район Канева	Район Кременчугского водохранилища	Район Днепро-Камени	Район Канева	Район Кременчугского водохранилища	Район Днепро-Камени
Пристреленная	Плещы	Md S_o	0,36 1,32 (5)	0,36 1,27 (5)	0,34 1,30 (10)	—	—	—
	Перекалы	Md S_o	0,48 1,39 (4)	0,48 1,42 (3)	0,35 1,31 (10)	—	—	—
Русловых отмелей		Md S_o	0,28 1,32 (8)	0,26 1,30 (34)	0,24 1,28 (29)	—	—	—
Прирусловых валов		Md S_o	0,21 1,32 (6)	0,19 1,29 (22)	0,19 1,27 (22)	0,09 1,53 (1)	0,09 1,60 (1)	0,03 2,70 (1)
Приречной поймы		Md S_o	0,15 1,34 (4)	0,14 1,37 (19)	0,14 1,37 (10)	0,06 1,80 (9)	0,06 1,83 (16)	0,05 2,29 (7)
Внутренней поймы		Md S_o	0,15 1,32 (3)	0,14 1,40 (2)	0,14 1,39 (1)	0,07 1,92 (8)	0,06 2,09 (8)	0,04 2,80 (10)
Небольших стариц		Md S_o	—	0,16 1,37 (2)	0,17 1,37 (5)	0,05 2,14 (11)	0,03 2,38 (9)	1,015 2,80 (7)
Вторичных водоемов поймы		Md S_o	—	0,18 1,38 (2)	—	0,04 1,70 (6)	0,03 1,90 (2)	—
Пойменных торфяников и болотных почв		Md S_o	0,10 1,35 (1)	—	—	0,02 2,60 (4)	0,02 2,30 (1)	0,01 2,62 (2)

Примечание. Цифры в скобках обозначают количество исследованных образцов.

В результате осадки Оки, образующиеся за счет взвесей, становятся более крупными и сортированными, а в сложении аллювия все большую роль начинают играть песчаные наносы руслового типа.

2. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРРИГЕННЫХ МИНЕРАЛОВ ПЕСЧАНО-АЛЕВРИТОВОЙ РАЗМЕРНОСТИ

Минеральный состав и источники питания современного аллювия Днепра, Десны и Оки

В целом минеральный состав аллювия Днепра, Десны и Оки очень сходен. Песчано-алевритовые разности осадков имеют исключительно олигомиктовый состав. Кроме резко преобладающего кварца (85—95%), порообразующими компонентами являются калиевые полевые шпаты (5—10%) и обломки пород (до 2%). Менее распространены глауконит, слюды, карбонаты, выветрелые зерна, обломки раковин, растительные остатки и др. В тяжелой фракции преобладает ассоциация: ильменит — гранат (альмандин) — роговая обманка. В аллювии Оки существенную роль играет также эпидот (см. табл. 23, 24).

Всего в аллювии определено около 80 терригенных минералов: ильменит, магнетит, гематит, мартит, титаномагнетит, бурый железняк,

хромит, пирит (и марказит?), пирротин, лейкоксен, циркон, рутил, турмалин, сфен, альмандин, гроссуляр, уваровит, дистен, ставролит, силлиманит, андалузит, хиастолит, гиперстен, энстатит, авгит, титанавгит, диопсид, геденбергит (?), эгирин, роговая обманка обыкновенная, роговая обманка базальтическая, глаукофан, тремолит, актинолит, эпидот, клинозоизит, пьомтит, цоизит, мусковит, биотит, лепидомелан, хлорит, хлоритоид, кальцит, арагонит, доломит, анкерит (?), сидерит, топаз, корунд, касситерит, монацит, пикотит, шпинель, брукит, анатаз, барит, гипс, целестин, ангидрит, коллофан, апатит, даллит, вивианит, марганцевые стяжения, санидин, анортоклаз, ортоклаз, микроклин, альбит, олигоклаз, андезин, лабрадор, вулканическое стекло, опал, халцедон, кварц, глаукоцит, глинистые минералы (гидрослюда, монтмориллонит, каолинит) и выветрелые зерна. Многие из перечисленных минералов встречены только в единичных случаях.

Ниже дано краткое описание наиболее распространенных и характерных минералов тяжелой фракции.

Гранат. Форма зерен граната угловато-окатанная, реже — остроугольная или хорошо окатанная. Из включений в гранате встречаются: пузырьки газа, тонкие иголки рутила, черные рудные и др. Иногда гранат имеет слабое аномальное двупреломление, а также зональное строение. Среди зерен граната резко преобладают разности с $n > 1,780$, которые принадлежат, очевидно, к пиральспитовой группе. Изредка встречаются зеленые разности с $n > 1,780$ (уваровит).

Роговая обманка. Размер зерен роговой обманки разнообразен. Цвет преимущественно зеленый и зеленовато-бурый. Схема плеохроизма: $\parallel Ng$ — темно-зеленый, зеленовато-бурый и бурый, почти непрозрачный; $\parallel Np$ — светло-желтый, светло-зеленый, зеленый, светло-бурый. $Ng = 1,655 - 1,657$ *, $Np = 1,629$, $Ng - Np = 0,028 - 0,026$ (в обр. 9 из аллювия Днепра). Угол с Ng довольно разнообразен, чаще равен $18 - 20^\circ$. Значительная часть зерен роговой обманки в той или иной мере хлоритизирована.

Кроме обычной, встречается также базальтическая роговая обманка, у которой $Ng > 1,702$ и угол с $Ng = 3 - 6^\circ$.

Ильменит. Один из наиболее распространенных минералов в аллювии. Размер зерен ильменита, как и других рудных, в общем несколько меньший, чем прозрачных минералов, в связи с чем его содержание тяготеет к мелко размерным фракциям. Зерна ильменита характеризуются хорошей окатанностью. На них часто наблюдаются белые и светло-желтые налеты лейкоксена.

Ставролит. Чаще всего встречается в виде угловато-окатанных зерен с массой включений кварца (?) и тонко рассеянного углистого вещества. Реже встречаются зерна с включениями граната, рутила и других, либо вообще без включений. Ставролит обладает значительным плеохроизмом — от бесцветного и желтого до темно-желтого, буроватого и коричневого, что преимущественно зависит от толщины зерен. $Ng = 1,751$, $Nm = 1,745$, $Np = 1,741$, $Ng - Np = 0,010$.

Силлиманит. Наблюдается в виде короткостолбчатых, реже — удлинённых и неправильных зерен с хорошо выраженной спайностью по (010). Включения редки. $Ng = 1,682$, $Np = 1,656 - 1,657$, $Ng - Np = 0,025 - 0,026$.

Дистен. Представлен удлиненными или же пластинчатыми зернами с хорошо выраженной спайностью по (001). Характерны включения пузырьков жидкости, углистых частиц, рутила, черных рудных.

* При измерениях достигалось максимальное совпадение показателей преломления минералов и стандартных иммерсионных жидкостей путем смешения последних и контроля показателей преломления этих смесей рефрактометром. Точность подобных измерений $\leq 0,001$.

Угол с $Ng=30^\circ$, однако в некоторых разрезах призматических зерен обнаруживается прямое погасание и высокая интерференционная окраска. $Ng=1,728$, $Np=1,716$, $Ng-Np=0,012$.

Циркон. Встречается преимущественно в виде бесцветных мелких окатанных зерен с редкими включениями (рудные, апатит, рутил и др.), чаще же без них.

Рутил. Величина и окатанность зерен рутила примерно такая же, как у циркона. Вместе с последним рутил имеет тенденцию к концентрации в мелкофракционных фракциях. Цвет зерен рутила красный, желтый, золотистый, коричнево-красный и бурый. Часто рутил почти непрозрачен и с трудом просвечивает при введении конденсора. Иногда он с поверхности матовый, переходящий в лейкоксен. Изредка наблюдаются коленчатые двойники рутила, а также косая штриховка по его призматическим граням.

Турмалин. Наблюдается главным образом в виде окатанных неправильных и призматических зерен с многочисленными темными точечными включениями. Минерал отличается резким плеохроизмом: Ng — черный, темно-бурый, темно-коричневый, зеленовато-бурый; Np — бесцветный, розоватый, светло-коричневый, светло-зеленый. $Ng=1,650-1,659$, $Np=1,624$, $Ng-Np=0,026-0,035$.

Эпидот. Представлен обычно хорошо окатанными плеохроирующими зернами светло-желтого, светло-зеленого и темно-зеленого цвета. Иногда зерна эпидота сильно разложены. $Ng=1,766$, $Np=1,734$, $Ng-Np=0,032$ (обр. 9 из аллювия Днепра).

Типоморфные особенности породообразующих минералов — кварца и полевых шпатов — будут рассмотрены дальше в специальном разделе.

Отличия в минеральном составе аллювия Днепра, Десны и Оки имеют преимущественно количественный характер. Так, осадки Оки содержат несколько больших полевых шпатов, амфиболов, эпидота, дистена, зато обеднены рудными (особенно ильменитом), цирконом, сфеном. Аллювий Десны относительно обогащен карбонатами, цирконом, рутилом, сфеном, ильменитом, глауконитом, силлиманитом, андалузитом и обеднен амфиболами, пироксенами, минералами группы эпидота, апатитом, слюдами, хлоритом. Аллювий Днепра по составу занимает промежуточное положение. Можно отметить его незначительное обогащение слюдами, пироксенами, лейкоксеном и обеднение дистеном по сравнению с осадками Оки и Десны.

Большое сходство минерального состава аллювия Днепра, Десны и Оки отражает, очевидно, сходство состава главных комплексов материнских пород, размываемых в настоящее время в пределах бассейнов этих рек. Эти комплексы исходных пород обычно представлены осадочными образованиями платформенного типа, подвергавшимися в прошлом неоднократным переотложениям, что и обусловило олигомиктовость их состава. Однако на общем однородном фоне минерального состава аллювия рассматриваемых трех рек видны все же некоторые количественные различия, вызванные неодинаковым соотношением главнейших комплексов размываемых ныне пород, в первую очередь четвертичных, затем третичных и более древних. Последние размываются обычно в условиях наиболее расчлененного рельефа водосборов.

Некоторые различия в величине поверхностного стока, густоте речной сети, глубине расчленения рельефа, степени закрепления склонов и в ряде других факторов приводят в общем к различиям в гидрологическом режиме рек, в частности их гидродинамической активности и степени мутности паводковых вод. Характер и соотношение влекомых и взвешенных наносов определяют в конце концов конкретный литологический (точнее, гранулометрический) состав фаций аллювия.

Ока является самым крупным правым притоком Волги. Длина ее 1480 км, а площадь бассейна—245,000 км² (по Давыдову, 1955). Средний годовой расход реки составляет в устье 1200 м³/сек, а средний уклон ее—0,00011. В бассейне Оки выделяются две резко отличные области.

Верхняя часть бассейна Оки расположена в пределах глубоко расчлененной Средне-Русской возвышенности. Река протекает здесь в узкой долине с крутыми обрывистыми склонами. Уклоны составляют в среднем около 0,003. Интенсивная эрозия обуславливает очень высокую мутность реки: в самой верхней части течения около 500 г/м³, у г. Калуги—280 г/м³ (по Давыдову). В питании аллювия Оки в верхнем течении, кроме четвертичных отложений (покровные и лёссовидные суглинки и др.), большую роль играют коренные породы: девонские (известняки), каменноугольные (известняки, песчаники, сланцеватые глины), верхнеюрские и нижнемеловые (глины, песчаники).

Многие левые притоки верхней Оки, особенно р. Москва, размывают также значительные массы четвертичных отложений ледникового комплекса (морены, флювиогляциальные отложения) и продуктов их перемыва в виде древнеаллювиальных отложений.

Ниже впадения р. Москвы характер долины и русла Оки резко изменяется. Ока выходит здесь в пределы обширной Мещерской низменности, в связи с чем долина ее расширяется местами до 20—30 км. Русло реки сильно меандрирует. Так, ниже г. Спасска-Рязанского коэффициент извилистости достигает 2,7, а уклоны уменьшаются до 0,00004—0,00005 (по Россолимо, 1953). В пределах Мещерской низины Ока и ее притоки размывают песчаные флювиогляциальные и древнеаллювиальные отложения. Вследствие этого аллювий резко пополняется влекомыми наносами, а мутность воды значительно падает. К сожалению, в нашем распоряжении нет конкретных данных о твердом стоке Оки в районе Спасска-Рязанского. Однако сильно глинистый состав пойменно-старичных фаций свидетельствует о том, что здесь, по-видимому, происходит осаждение значительной массы взвешенных наносов Оки.

Сведения о минеральном составе главных комплексов пород, размываемых в бассейне Верхней и Средней Оки, а также в смежных областях, очень отрывочны. По данным С. Г. Саркисяна и М. И. Спацибухой (1944), Е. В. Рухиной (1959), М. П. Казакова (1935), в песчаных фракциях ледниковых отложений Московской области резко преобладает кварц (80—95%). Среди тяжелых минералов главную роль играют рудные, роговая обманка, гранат.

В древнечетвертичных речных и озерных отложениях количество роговой обманки и граната уменьшается, зато возрастает содержание дистена, ставролита.

Десна представляет собой крупный судоходный приток Днепра. Длина Десны составляет 1190 км, а площадь бассейна—89 200 км² (Соколов, 1952). Средний годовой расход реки в устье равен 365 м³/сек, что соответствует модулю стока 4,1 л/сек/км². Среднегодовые расходы и сток отличаются большим непостоянством. По данным Укргидропроекта, годовой сток взвешенных наносов Десны в районе Чернигова составляет 489 тыс. т, а величина мутности—53,2 г/м³. Рельеф водосборного бассейна реки значительно расчленен, особенно в восточной части, куда заходят отроги Средне-Русской возвышенности.

Среди отложений, размываемых в настоящее время в бассейне Десны, главную роль играют: 1) аллювий верхне- и среднечетвертичного возраста, 2) лёссовидные породы, 3) флювиогляциальные отложения (R_I и R_{II}), 4) моренные образования московского (R_{II}) и днепровского (R_I) оледенений, 5) коренные дочетвертичные породы (С, С_{г2}, Р_г).

Минеральный состав (в %) руслового аллювия Днепра и его притоков
(фракция 0,25—0,01 мм)

Река	Количество образцов	Мд, мм	So	Выход тяжелой фракции (%)	Минералы тяжелой фракции (d > 2,85)														Минералы легкой фракции (d < 2,85)											
					Рудные				Циркон	Рутил	Турмалин	Гранат	Дистен	Ставролит	Сидлиманит	Пироксены	Амфиболы	Эпидот и клинопинцит	Слюды	Выветрелые зерна	Прочие	Полевые шпаты				Обломки пород	Глаукоцит	Выветрелые зерна и глинистые минералы	Прочие	
					Ильменит	Магнетит	Лейкоксен	Общее (включены окислы Fe)														Кварц	Ортоклаз	микроклин	решетчатый					Плагиоклазы
Днепр (от истоков до г. Смоленска) . . .	3	1,37	2,03	2,72	16,9	6,8	1,1	26,1	3,4	0,9	1,5	19,9	0,3	2,3	0,9	1,9	29,2	5,1	1,8	2,8	3,9	81,7	10,2	3,6	1,1	14,9	1,9	0,1	1,0	—
Днепр (от Смоленска до Орши)	3	0,70	2,21	1,55	15,3	4,8	1,4	23,2	4,1	2,0	1,5	17,1	0,2	2,8	0,6	1,3	32,7	6,5	2,7	2,0	—	83,5	9,3	2,6	1,5	13,4	1,8	—	0,6	0,2
Днепр (от Орши до Могилева)	3	0,52	2,11	2,28	21,1	5,5	1,7	29,5	3,9	1,6	0,8	20,4	0,6	3,5	0,6	1,0	23,0	5,3	0,5	1,7	—	81,2	9,9	3,1	2,0	15,0	1,8	—	0,8	0,4
Днепр (от Могилева до р. Друть)	4	0,46	1,42	1,64	14,2	2,8	1,0	19,5	2,8	0,4	2,1	26,6	0,5	2,7	0,5	2,3	30,7	4,0	1,0	3,1	4,1	88,0	6,3	2,4	0,9	9,6	1,7	0,1	0,6	—
Днепр (от р. Друть до р. Березины)	4	0,32	1,32	0,77	17,4	3,8	1,2	25,3	1,5	0,4	1,6	26,4	0,3	4,2	0,6	1,2	25,4	3,7	0,8	4,0	—	89,0	6,8	2,0	0,4	9,2	1,4	—	0,3	0,1
Днепр (от р. Березины до р. Сож)	3	0,25	1,28	0,53	11,6	1,8	1,8	15,9	2,9	0,7	2,3	33,3	0,8	5,6	0,3	2,4	22,9	4,5	0,3	3,9	—	91,4	4,2	2,0	0,8	7,0	1,2	—	0,4	—
Днепр (от р. Сож до р. Припяти)	5	0,28	1,26	0,45	14,2	2,4	1,6	19,5	1,5	0,4	2,8	26,5	1,3	6,0	0,9	1,1	21,2	4,1	1,0	2,4	7,9	92,9	2,4	1,9	0,8	5,1	1,5	0,4	0,2	—
Днепр (от р. Припяти до р. Десны)	8	0,28	1,23	0,24	18,6	2,3	2,2	27,7	4,5	1,2	3,4	24,5	1,5	5,8	1,8	0,6	14,9	3,7	0,6	3,3	—	94,2	2,6	1,1	1,0	4,0	1,4	0,1	0,2	—
Днепр (от р. Десны до р. Рось)	11	0,27	1,20	0,46	24,8	2,4	2,3	30,7	4,5	1,3	2,9	23,0	2,1	8,3	1,6	0,5	11,5	2,7	0,4	4,0	—	95,5	1,3	0,9	0,5	2,7	1,4	0,2	0,2	0,2
Днепр (от р. Рось до р. Псёл)	6	0,25	1,22	0,22	22,3	1,5	2,3	26,8	2,0	1,1	1,5	18,6	4,3	10,9	3,8	0,3	13,0	3,7	0,2	2,8	6,0	95,7	1,9	0,9	0,2	3,0	1,0	0,1	0,2	0,1
Днепр (от р. Псёл до р. Самары)	8	0,22	1,24	0,25	22,4	3,5	2,8	29,1	5,3	2,4	3,4	14,8	4,0	6,3	3,2	0,6	16,1	4,4	0,8	3,2	—	93,7	3,0	1,1	1,0	4,8	1,2	0,1	0,1	0,2
Днепр (ниже р. Самары)	10	0,20	1,28	0,40	24,1	4,2	2,5	33,3	7,2	2,3	3,0	14,2	3,3	5,0	5,2	0,6	11,4	4,0	0,3	3,7	—	93,7	2,2	1,0	0,3	3,5	1,4	0,4	0,2	1,2
Друть	2	0,50	1,36	—	13,1	11,0	0,9	28,0	3,2	1,1	1,1	33,8	—	3,7	0,2	1,5	28,5	3,9	0,2	1,1	3,7	85,6	8,1	3,2	1,0	12,3	1,4	—	0,5	0,2
Березина	2	0,29	1,32	0,50	13,1	1,3	1,5	16,6	1,8	0,7	2,3	34,9	0,7	5,0	0,5	2,0	22,7	3,7	0,3	3,6	1	91,4	3,5	2,3	0,5	6,3	1,7	—	0,6	—
Сож	4	0,29	1,30	0,61	14,5	5,0	1,3	25,0	3,3	1,2	2,8	24,3	1,3	4,9	1,0	1,5	21,3	4,8	0,7	3,0	—	90,8	4,2	2,1	0,9	7,2	1,4	0,2	0,2	0,4
Припять	4	0,29	1,32	0,34	20,9	2,8	2,8	26,7	7,5	2,0	2,9	26,6	1,3	5,5	1,1	0,7	12,1	6,7	0,3	3,0	—	94,4	1,9	1,1	1,0	3,3	2,0	—	0,3	—
Десна	5	0,26	1,28	0,55	23,6	2,9	2,1	29,0	7,0	1,8	3,5	24,2	2,4	7,1	2,3	0,4	9,5	3,7	0,5	2,6	—	96,0	1,3	1,0	0,3	2,6	1,4	0,1	0,2	0,1
Уж	1	0,35	1,30	0,20	35,0	1,1	1,5	43,3	6,7	1,9	2,6	7,0	1,3	5,9	2,4	2,8	14,5	2,4	—	2,8	6,4	96,0	1,0	0,2	0,2	1,4	2,6	—	—	—

Таблица 15 (окончание)

Река	Количество образцов	Md, мм	So	Выход тяжелой фракции, %	Минералы тяжелой фракции (d > 2,85)															Минералы легкой фракции (d < 2,85)									
					Рудные			Циркон	Рутил	Турмалин	Гранат	Дистен	Ставролит	Силлиманит	Пироксены	Амфиболы	Эпидот и клиноцоизит	Слюды	Выветрелые зерна	Прочие	Кварц	Полевые шпаты			Общее	Обломки пород	Глауконит	Выветрелые зерна и глинистые минералы	Прочие
					Ильменит	Магнетит	Лейкоксен															Общее (включены окислы Fe)	Микроклин решетчатый	Плаггиоклазы					
Терегов	1	0,441,45	1,5661,1	1,3	1,364,2	2,50	2,22	0,15	9,0	2,5	4	0,21	2	2,90	2	—	1,83	3,91	8,2	7,0	4,0	9	4,0	3,8	—	0,2	0,2		
Ирша	1	0,351,27	0,2030,9	0,4	2,649,2	0,70	7,3	0	6,0	0,5	4,8	2,31	9,16	0,4	4,0	2,3	2,7	1,93	5,1	6,0	2,0	5	2,3	4,0	—	0,2	—		
Завиж	1	0,231,21	0,4638,8	0,9	3,947,5	6,3	2,6	2,6	15,1	0,6	7,3	2,20	8	5,3	3,0	—	1,3	5,4	95	0,2	3,0	7,0	2	3,2	1,6	—	0,2		
Ирпень	1	0,131,32	0,4523,8	2,7	4,151,9	0,61	3,4	5,10	0,2	5,4	3	3,9	—	6,8	1,6	—	3,2	94	9,2	4,0	5	—	2,9	1,7	—	0,5	—		
Рось	1	0,171,38	0,2517,8	1,5	2,324,6	1,5	1,3	5,6	14,8	4,3	7,5	4,5	0,2	13,0	3,2	1,1	4,5	93	7,2	5,0	7	—	3,2	1,6	1,1	0,2	1,3		
Тасмин	2	0,161,38	0,4817,0	3,6	2,324,8	4,3	1,4	4,7	11,1	3,0	5,5	3,8	0,4	18,3	5,3	1,3	4,9	93	8,2	6,1	2,0	1	3,9	0,8	0,3	0,3	1,2		
Остер	1	0,191,25	0,7125,9	3,4	2,732,0	11,6	3,2	2,2	7,19	6,2	9,3	1,5	0,5	10,4	5,8	0,7	1,9	95	2,3	2,1	0,0	2	4,4	0,4	—	—	—		
Трубж	1	0,071,52	0,9622,3	2,7	2,928,9	10,7	5,1	1,4	10,3	1,0	3,5	1,2	0,2	15,6	8,2	0,4	5,5	79	3,9	8,2	7,0	6	13,1	1,1	7,0	2	0,4	5,5	
Супой	1	0,102,00	? 21,0	6,0	2,130,8	10,4	4,8	1,7	11,7	1,2	3,1	1,2	—	12,8	9,5	1,4	6,1	64	0,6	4,0	8,1	0	8,2	2,1	0	—	0,8	6,0	
Удай	1	0,161,24	0,2524,0	3,6	4,031,8	9,7	3,4	3,1	16,2	1,7	7,5	3,3	0,8	11,1	5,6	—	1,9	94	8,2	8,0	8,0	4	4,0	1,2	—	—	—		
Сула	2	0,171,27	0,3628,3	1,4	2,933,6	4,3	4,8	3,3	7,2	7,9	6,5	8,4	0,1	9,5	2,4	0,1	4,4	95	2,1	4,0	8,0	3	2,5	1,1	0,2	0,2	1,0		
Хорог	2	0,151,32	0,3727,7	2,0	3,934,9	6,3	3,2	3,2	9,8	8,4	5,5	13,2	0,1	7,3	1,4	—	2,5	96	4,1	8,0	5,0	5	2,8	0,6	—	0,1	0,1		
Песг	8	0,161,27	0,4128,6	2,6	2,835,2	7,2	4,7	2,8	8,6	7,7	4,6	11,6	0,1	2,9	0,9	0,3	3,9	95	3,2	2,0	6,0	2	3,0	0,8	0,7	0,1	0,8		
Голтва	1	0,151,29	0,7225,6	3,0	3,736,7	12,8	7,3	3,0	5,9	3,0	4,9	6,5	—	3,0	3,4	0,4	5,9	97	2,0	7,0	7,0	2	1,6	—	0,5	0,7	0,5		
Ворскла	4	0,171,21	0,2223,8	1,4	2,931,8	3,9	5,9	3,1	7,1	7,9	6,9	20,3	—	2,1	0,3	0,6	2,7	97	6,1	1,0	2,0	1	1,4	0,4	0,4	0,2	0,4		
Орель	3	0,141,25	0,1628,6	2,6	2,337,8	6,6	4,1	4,4	4,9	7,3	5,0	12,9	0,1	1,7	1,1	0,3	2,1	96	0,1	0,0	3,0	1	1,4	0,4	0,2	—	0,2		
Савара	3	0,161,29	? 25,4	4,6	1,533,6	5,7	2,7	2,8	10,2	6,8	5,2	14,6	0,1	7,8	0,9	0,4	2,6	96	8,0	7,1	1	—	1,8	1,0	0,1	—	0,4		

или сходным генетическим типам. Поэтому для краткости изложения характеристика их будет предельно обобщена.

В пределах бассейна Верхнего Днепра (1, 2, 3 области), составляющего 65% площади всего бассейна Днепра, мощно развиты четвертичные отложения. Главную роль в питании современного аллювия играют: 1) флювиогляциальные отложения, решительно преобладающие над другими источниками сноса; 2) аллювиальные отложения, главным образом верхнечетвертичного возраста, являющиеся продуктами перемыва более древних аллювиальных, флювиогляциальных, моренных и других отложений; 3) моренные образования; 4) лёссы и лёссовидные породы. Другие источники сноса (D, Cg₂, Pg) играют значительно меньшую роль.

Имеющиеся в литературе указания о минеральном составе отмеченных типов отложений носят отрывочный характер. Наиболее полные данные сведены в табл. 16 и 17.

Главнейшие минералогические особенности отложений ледниково-лёссового комплекса, генетически тесно связанных между собой, четко отражаются в составе аллювия Верхнего Днепра и его притоков. Для аллювия характерна та же преобладающая ассоциация тяжелых минералов: ильменит — гранат — роговая обманка. Несколько пониженное количество циркона, рутила и эпидота в исследованных образцах аллювия связано, очевидно, с их более грубым составом по сравнению с образцами питающих пород, приведенными в табл. 16 и 17.

Помимо сходных черт аллювия Верхнего Днепра и его притоков, можно заметить и определенные различия. Так, осадки Сожа, Березины, верховьев Днепра отличаются от аллювия Припяти и Десны несколько большим содержанием неустойчивых минералов: полевых шпатов, амфиболов и пироксенов. Это объясняется, во-первых, тем, что в бассейне Припяти и Десны возраст преобладающих поверхностных отложений ледникового комплекса более древний, что обуславливает несколько большую их выветрелость. Во-вторых, значительная часть водосборов Десны и Припяти расположена во внеледниковых областях, где размываются и коренные породы, обедненные неустойчивыми минералами.

Березина, Сож, Припять и Десна являются наиболее крупными притоками Днепра, вполне соизмеримыми с последним. Это можно видеть из данных в табл. 18 (по Огиевскому, 1932 и Соколову, 1952).

Из табл. 18 можно установить, что норма жидкого стока Березины и Припяти составляет примерно 70% стока Днепра, сток Сожа — 55%, Десны — 35% (до слияния). Твердый сток этих рек изучен очень мало, однако он, безусловно, должен тесно коррелироваться с величиной их жидкого стока. Наибольшая мутность вод отмечается для верховьев Днепра (82 г/м³ у г. Могилева, по Давыдову, 1955). Далее вниз по течению под влиянием притоков Березины, Сожа и особенно Припяти мутность Днепра значительно понижается, а после впадения Десны несколько повышается, достигая у Киева 35—40 г/м³. По данным Укр-гидропроекта, годовой сток взвешенных наносов Днепра выше устья Десны составляет около 750 тыс. т. Если прибавить к этому 489 тыс. т взвешенных наносов, выносимых Десной, то твердый сток Днепра у Киева (ниже впадения Десны) составит примерно 1240 тыс. т. Количество влекомых наносов можно условно принять за 10% от последней цифры.

Влияние выносов крупных притоков Днепра заметно сказывается на минеральном составе аллювия Днепра ниже их впадения (см. табл. 15).

В пределах бассейна Среднего Днепра (I, II, VI области) площадь водосбора увеличивается на 25%, а величина жидкого и твердого

Таблица 16

Минеральный состав (в %) тяжелой фракции моренных суглинков и флювиогляциальных отложений Белоруссии и смежных областей (размер частиц 0,25—0,10 мм; обобщено по данным П. С. Самодурова, 1957; Е. А. Илькина, 1960)

Количество образцов	Местоположение	Генетические типы отложений	Осадки	Геологический возраст	Ильменит	Циркон	Рутил	Турмалин	Гранат	Дистен	Ставролит	Сидлиманит	Амфиболы	Эпидот
13	Район Минская (карьеры 2, 10)	Моренные образования	Суглинки	$Q_{II}R$	25	?	5	2	22	3	3	2	15	1
7	Гродненская обл., села Турец и Полонай			$Q_{II}R$	24	?	4	4	22	3	4	3	14	1
4	СЗ БССР (район Пильковщины)			$Q_{II}R$	8	Е. з.	--	2	23	<1	3	Е. з.	24	6
4	БССР, г. Сураж, села Левая Руба, Дречалуки, Борисова гора			$Q_{III}W$	11	9	4	3	10	2	2	1	23	8
2	Смоленская обл., села Мнкулино, Новая Боярщина			$Q_{III}W$	19	9	4	3	12	2	1	2	20	6
5	СЗ БССР (район Пильковщины)			$Q_{III}W$	8	Е. з.	Е. з.	3	20	Е. з.	2	Е. з.	23	3
1	Район Минска	Флювиогляциальные отложения	Алевриты	$Q_I R$	25	13	4	2	15	1	<1	2	18	Е. з.
2	Там же		Пески	$Q_{II} R$	23	9	5	3	15	2	2	1	20	1
1	» »		Галечники с песком	$R_{II} R$	18	8	4	2	10	3	5	3	24	2
1	Смоленская область, г. Сураж		Суглинок	$Q_{III} W$	22	8	4	2	9	2	1	2	17	11
3	Там же		Пески	$Q_{III} W$	21	10	3	3	8	1	1	1	18	10
4	БССР, села Дречалуки и Борисова гора		Пески и алевриты	$Q_{III} W$	21	8	4	1	9	1	2	1	18	6

Минеральный состав (в %) тяжелой фракции лёссовых пород Белоруссии,
Украины и смежных областей

(обобщено по данным К. И. Лукашева и С. Г. Дромашко, 1960;
С. С. Морозова, 1951)

Место взятия образцов	Размер частиц, мм	Ильменит	Циркон	Рутил	Турмалин	Гранат	Дистен	Ставролит	Роговая обманка	Эпидот	Полевые шпаты (легкая фракция)
Мозырь	0,01— 0,75	27	12	10	1	15	1	1	11	13	22
Тимошковици		17	3	5	2	10	<1	1	37	14	21
Рутковичи		33	9	9	1	11	<1	<1	19	12	23
Мстиславль		20	6	11	<1	10	<1	1	21	12	19
Дубровно		39	15	8	<1	11	<1	1	10	7	26
Лиозно	0,01— 0,25	36	8	8	<1	8	<1	<1	17	15	23
Киев		26	12	1	2	7	<1	<1	23	9	25
Чернигов		26	14	3	1	12	2	<1	16	17	15
Конотоп	0,01— 0,05	17	8	2	1	5	<1	—	13	3	29
Прилуки		20	4	3	<1	15	2	<1	21	6	17
Трубчевск		18	5	2	<1	13	<1	—	26	9	17

стока — всего на 11,5%. Притоки Среднего Днепра невелики. Среднегодовой жидкий сток их составляет в сумме всего 12—13% стока Днепра, а твердый сток — примерно 15% (твердый сток Среднего Днепра равен, по данным Укргидропроекта, 1235—1415 тыс. т). Фактически Днепр в средней части течения представляет транзитный поток. Минеральный состав его осадков также мало изменяется за счет вливов притоками и со склонов долины (см. табл. 15).

В бассейне Среднего Днепра расчлененность рельефа больше, а мощность четвертичных отложений меньше, чем в бассейне Верхнего Днепра. В результате этого в питании аллювия Среднего Днепра коренные породы играют значительно большую роль. Главными комплексами пород, размываемыми здесь в настоящее время, являются: 1) лёссы и лёссовидные суглинки; 2) третичные отложения — полтавская серия (N₁), харьковский ярус (Pg₃), ярус пестрых и красно-бурых глин (N₂), неогеновый аллювий Днепра и притоков; 3) моренные и флювиогляциальные отложения днепровского оледенения; 4) древнечетвертичный

Таблица 18

Площади бассейнов и расход воды

Река, пункт	Площадь бассейна, км ²	Средний годовой расход воды, м ³ /сек	Река, пункт	Площадь бассейна, км ²	Средний годовой расход воды, м ³ /сек
Днепр (г. Смоленск)	14,700	110	Припять (устье)	114,000	460
Днепр (перед впадением Березины)	31,680	234	Днепр (перед впадением Десны)	219,530	1035
Березина (устье)	23,800	125	Десна (устье)	89,200	365
Днепр (г. Речица, перед впадением Сожа)	55,160	402	Днепр (Киев, после впадения Десны)	326,500	1393
Сожа (устье)	41,400	215			
Днепр (г. Лоев, перед впадением Припяти)	97,580	619			

аллювий Днепра и притоков; 5) кристаллические породы Украинского щита и их кора выветривания.

Указания о минеральном составе моренных, флювиогляциальных и лёссовых отложений, развитых в бассейне Среднего Днепра, весьма отрывочны (Леликаш, 1934; Веклич, 1958; Рябченков, 1955; Дядченко, 1957; Чаповский и Чигагов, 1947 и др.). В общем они соответствуют данным, приведенным выше в табл. 16 и 17.

По сравнению с отложениями ледниково-лёссового комплекса для третичных пород характерно значительно меньшее количество полевых шпатов, граната, эпидота, амфиболов и большее содержание кварца, турмалина, глауконита и особенно триады метаморфических минералов — дистена, ставролита, силлиманита (табл. 19).

Таблица 19

Минеральный состав (в %) тяжелой фракции третичных отложений СССР в бассейне Среднего Днепра (размер частиц 0,25—0,01 мм)

Количество образцов	Отложения и место взятия образцов	Ильменит	Циркон	Рутил	Турмалин	Гранат	Дистен	Ставролит	Силлиманит	Амфиболы	Эпидот	Полевые шпаты (легкая фракция)
1	Ярус пестрых глин, мелкозем из глины. Ново-Петровцы	28	19	10	8	—	16	10	3	—	+	+
6	Ярус пестрых глин, глины и пески. Район Богодухов ¹	31	?	12	3	<1	15	5	8	—	2	?
5	Аллювий оспапьевской террасы (N ₂ ³) Днепра и притоков . .	19	4	4	6	1	12	7	26	1	+	1
1	Аллювий иванковской террасы Днепра (N ₂). Устивица . .	30	2	6	5	2	14	18	10	2	<1	1
12	Полтавская серия, пески. Днепрово-Донецкая впадина ¹	30	?	8	6	<1	12	6	21	—	<1	?
10	Полтавская серия, пески. Ново-Петровцы, Лебедин, Кунцево	35	6	9	9	<1	12	6	14	<1	<1	1
3	Харьковский ярус, пески. Ново-Петровцы, район Лебедина	34	6	6	2	5	8	3	12	<1	<1	3
6	Харьковский ярус, пески. Левобережье Среднего Днепра ²	20	?	6	1	9	11	3	5	<1	3	?

¹ Обобщено по данным О. В. Крашенинниковой, 1948.

² Обобщено по данным Л. И. Карякина, 1951.

Минеральный состав четвертичных террас Среднего Днепра¹ (табл. 20) существенно отличается от аллювия неогеновых террас (см. табл. 19) и аналогичен составу его современного аллювия. Это свидетельствует о том, что главным источником питания четвертичного аллювия системы Днепра в целом служили четвертичные же отложения ледникового комплекса.

¹ Относительно количества и возраста террас Среднего Днепра в литературе существуют различные мнения. Так, некоторые авторы, принимая во внимание главным образом стратификацию лёссовидной покровной толщи, выделяют до пяти-шести четвертичных террас и две неогеновые (Соболев, 1938; Дмитриев, 1937, 1956 и др.). Другие исследователи (Личков, 1928; Бондарчук, 1949 и др.) насчитывают три четвертичные террасы. Мне кажется наиболее обоснованной точка зрения Е. Н. Былинского (1958), который на основании восстановления древних продольных профилей реки и детального изучения особенно аллювиальных фаций выделяет три четвертичные террасы (считая пойму первой). К сожалению, для неогенового аллювия Днепра и его притоков такой работы еще не сделано.

Минеральный состав (в %) тяжелой фракции четвертичных
аллювиальных отложений Среднего Днепра

Количество образцов	Терраса	Местоположение	Ильменит	Циркон	Рутил	Турмалин	Гранат	Дистен	Ставролит	Силлиманит	Амфиболы	Эпидот	Полевые шпаты (легкая фракция)
12	V	Створ плотины Кременчугской ГЭС	24	7	3	4	11	4	6	4	7	4	4
12	IV	Там же	21	6	3	3	13	3	4	2	15	5	7
2	IV	с. Лески, близ г. Черкассы	25	6	4	5	12	4	9	5	8	4	4
2	II	Киев, Триполье	24	5	2	4	19	2	6	3	13	4	3
17	II	Створ плотины Кременчугской ГЭС	22	7	3	3	14	3	5	3	14	5	6
4	II	Створ плотины Днепро-дзержинской ГЭС	22	6	2	4	13	4	5	4	12	5	4
18	I	Там же	24	6	2	4	14	4	5	3	11	4	3
15	I	Створ плотины Кременчугской ГЭС	24	6	2	4	18	3	6	3	11	4	4

На левобережье Среднего Днепра выделяются две области (IV и V), несколько отличные по характеру рельефа и геологическому строению. Речные осадки здесь также отличаются по соотношению некоторых минералов (гранат, пироксены, полевые шпаты, циркон, эпидот, особенно стресс-минералы и др.; см. табл. 15).

По сравнению с аллювием Днепра осадки рек четвертой области (бассейны рек Остер и Удай) характеризуются исключительной тонкозернистостью вследствие влияния лёссового источника питания, что и определяет некоторое отличие их минерального состава (средние данные): здесь больше полевых шпатов (7,5%), кальцита (1%), а в тяжелой фракции — циркона (11%), рутила (4%), эпидота (7%), сфена (0,5%).

В отношении минерального состава осадки рек пятой области (бассейны Сулы и Самары) имеют яркие отличительные черты по сравнению с аллювием Днепра. Несмотря на более тонкий состав осадков, здесь заметно уменьшается количество полевых шпатов (особенно плагиоклазов) и эпидота, т. е. минералов, тяготеющих к мелким фракциям. Уменьшается также содержание обломков пород, турмалина, граната, амфиболов, пироксенов. С другой стороны, резко увеличивается количество стресс-минералов (особенно силлиманита), рудных, циркона, рутила, хлоритоида, глауконита, кальцита, органических остатков.

Минеральный состав аллювия рек Тетерева, Ирши, Здвижа, Ирпеня, Роси и Тясмина (шестая область) сходен с составом аллювия Среднего Днепра. Некоторое различие заключается в том, что в осадках этих притоков содержится больше гидроокислов железа, лейкоксена, глауконита, силлиманита. Несмотря на тонкий состав осадков ($Md = 0,13-0,17$ мм), в них относительно мало циркона, рутила, эпидота, полевых шпатов и других характерных минералов.

По сравнению с аллювием Ирпеня, Роси, Тясмина, а также Среднего Днепра осадки Тетерева и Ирши заметно обогащены ильменитом, пироксенами, обломками кремнистых пород и обеднены магнетитом, турмалином, дистеном.

В пределах бассейна Нижнего Днепра (VII область) площадь водосбора увеличивается всего на 10%, а величина стока сохраняется на

прежнем уровне из-за повышенного испарения и инфильтрации. Жидкий и твердый сток малочисленных мелких притоков (Ингулец, Базавлук и др.) составляет менее 1% стока Днепра и практически не оказывает на него влияния. Модуль стока Днепра понижается близ устья до $0,5 \text{ л/сек/км}^2$, а мутность — до 13 г/м^3 (по Л. Л. Россолимо, 1953). Последнее связано с уменьшением уклонов и скоростей течения.

Бассейн Нижнего Днепра целиком расположен вне границ оледенений. Рельеф слабо расчленен, особенно в южной части области. Главными комплексами пород, размываемыми в настоящее время, являются: 1) лёссовидные отложения; 2) третичные породы: ярус красно-бурых и пестрых глин (N_2), понтический и сарматский ярусы, неогеновый аллювий Днепра; 3) четвертичный аллювий Днепра; 4) кристаллические породы Украинского щита и их кора выветривания.

Данные о составе лёссовидных пород Нижнего Днепра приведены в работах В. П. Ананьева (1954), В. Ф. Краева (1956), К. М. Заруцкого и В. И. Мельника (Заруцкий, Мельник, 1961), А. У. Литвиненко и З. И. Танатар-Бараш (1953) и др. Ажцессорные минералы Украинского кристаллического массива изучены Н. В. Логвиненко (1950), М. Г. Дядченко (1957) и другими, а сарматских отложений и красно-бурых глин — П. С. Самодуровым (1953), В. П. Ананьевым (1954) и др. В целом минеральный состав однотипных по возрасту и генезису отложений, развитых в долине Среднего и Нижнего Днепра, очень сходен.

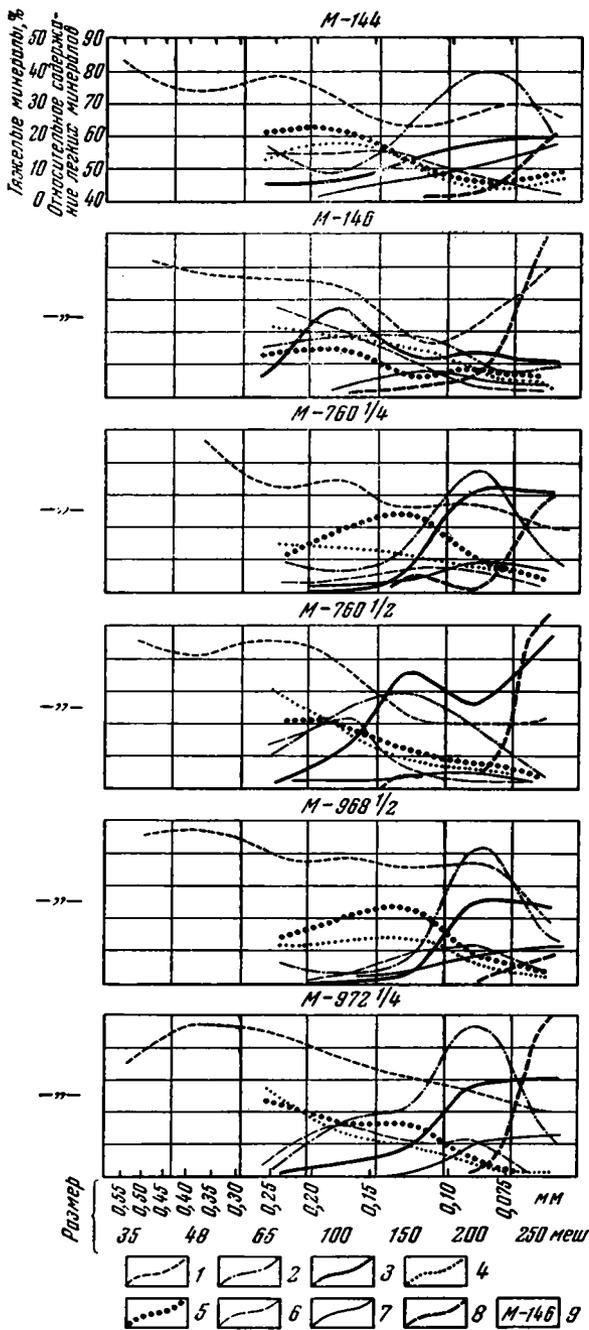
Зависимость между минеральным и гранулометрическим составом осадков

Общеизвестно, что минеральный состав обломочных пород сильно зависит от их гранулометрического состава. В отношении современных аллювиальных осадков этот вопрос весьма обстоятельно разобран Р. Д. Расселом (Russell, 1936) на примере русловых песков р. Миссисипи.

Данные Рассела показывают, что, несмотря на различный по крупности характер материала и на большое расстояние (от 200 до 600 миль) между местами отбора пар образцов, распределение минералов в гранулометрическом спектре каждого из шести изученных образцов оказывается чрезвычайно однообразным (фиг. 74). Так, в тонких фракциях образцов увеличивается содержание полевых шпатов, кальцита, глауконита, хлорита, вулканического стекла, углистого вещества, глинистых агрегатов, а из тяжелых минералов — пирита, циркона, рутила, сфена, монацита, апатита. Содержание ильменита и магнетита поднимается до ярко выраженного максимума в одной из тонких размерных фракций (обычно $0,10—0,75 \text{ мм}$), а затем снова уменьшается. В крупных размерных фракциях, кроме пироксенов и амфиболов, концентрируются также гранат, дистен, силлиманит, коллофан, а из легких минералов — кварц.

Мною было изучено распределение минералов в гранулометрическом спектре русловых песков Оки, Десны, Днепра и притока последнего Псла (шесть образцов). Для этой цели использовались следующие размерные фракции, выделенные с помощью специальных сит Усматского завода: $0,05—0,063—0,10—0,16—0,21—0,25—0,315 \text{ мм}$. В результате выяснилось (табл. 21), что, несмотря на некоторые различия в минеральном составе осадков указанных рек, зависимость относительного содержания минералов от гранулометрических частиц в этих осадках оказывается очень сходной.

Содержание кварца отчетливо увеличивается от мелких фракций к крупным. Полевые шпаты, особенно плагиоклазы, имеют обратный характер распределения; в мелких размерных фракциях наибольшую



Фиг. 74. Кривые распределения минералов в гранулометрическом спектре русловых песков р. Миссисипи, по Расселу (Russel, 1936).

1 — отношение кварц: кварц+полевые шпаты; 2 — ильменит; 3 — магнетит; 4 — пироксены; 5 — амфиболы; 6 — гранат; 7 — аксессуары (циркон, рутил, сфен, монацит, апатит); 8 — пирит; 9 — индекс образца и расстояние от устья реки в милях

роль среди полевых шпатов играет ортоклаз, в более крупных — микроклин. Другие «легкие» компоненты — глауконит, кальцит, слюды, хлорит, выветрелые зерна и глинистые минералы, углестое вещество, растительный детрит — концентрируются в мелких размерных фракциях.

Сложнее обстоит дело с обломками горных пород в легкой фракции. Теоретически следует предположить увеличение количества обломков пород с возрастанием размера частиц. Однако в действительности такая зависимость наблюдается только в отношении обломков кварцитов и, в меньшей степени, кристаллических пород. Обычно же во фракции крупноалевритовой размерности (0,10—0,05 мм) увеличивается количество пелитоморфных карбонатов и кремней (последнее отмечает и В. Е. Рясина, 1961, для аллювия Волги), а также кремнистых агрегатов. Наличие в гранулометрическом профиле осадков двух максимумов содержания обломков пород (в данном случае основного в наиболее крупных песчаных фракциях и дополнительного в крупноалевритовой фракции) вообще нередко наблюдается в косослоистых тесках, отложившихся в достаточно активной гидродинамической обстановке. Вероятно, это связано с пульсацией в поступлении исходного материала. Можно также предположить влияние и другого фактора — истирания обломочных частиц при

транспортировке равнинным водным потоком. При этом с поверхности песчаных зерен, по-видимому, снимаются осколки алевритовых и пелитовых размерностей, а ядра обломков долгое время остаются крупными. Сильнее всего измельчение должно сказываться на мягких породах (пелитоморфные карбонаты) и легко скальывающихся породах (кремни), содержание которых как раз повышено в алевритовой фракции. Вероятно, обогащение карбонатными и кремнистыми обломками может наблюдаться также и в крупнопелитовой фракции осадков, если исключить разубоживающее влияние глинистых минералов.

В тяжелой фракции количество ильменита увеличивается с уменьшением размера частиц до фракции 0,10—0,063 мм, а затем снова уменьшается. Максимум содержания магнетита и пирита несколько сдвинуто по сравнению с ильменитом в сторону более тонкого материала. Содержание остальных рудных минералов — гематита, лимонита, лейкоксена и других — менее отчетливо тяготеет к мелким фракциям.

Минералы метаморфических пород (гранат, дистен, ставролит, силлиманит, андалузит) обнаруживают отчетливую концентрацию в наиболее крупных размерных фракциях. Особенно резко возрастает при этом содержание ставролита (в аллювии Днепра и Десны), ставролита и дистена (в осадках Оки) и силлиманита (в аллювии Псла).

Количество амфиболов в общем увеличивается с возрастанием размерности частиц, чаще всего достигая максимума во фракции 0,16—0,10 мм или 0,25—0,16 мм. В наиболее тонких фракциях (0,05—0,01 мм) содержание амфиболов несколько повышено.

Поведение пироксенов (гиперстен, авгит) в гранулометрическом профиле осадков совпадает в целом с поведением амфиболов, однако из-за малого содержания характер распределения пироксенов в тонких фракциях менее ясен.

Минералы группы эпидота (эпидот, клиноцоизит, цоизит) тяготеют к тонким фракциям.

Содержание некоторых устойчивых минералов (циркон, рутил) с укрупнением материала падает, содержание же других (турмалин) — возрастает.

Слюды, хлорит, хлоритоид концентрируются в тонких фракциях.

Количество обломков пород, представленных в тяжелой фракции обычно с ростками минералов, закономерно возрастает с укрупнением размера частиц.

В содержании выветрелых зерен в тяжелой фракции обычно улавливается два максимума: один в области наиболее крупных песчаных частиц, другой — мелкоалевритовых.

Из минералов, не помещенных в табл. 21, следует отметить сфен, апатит, брукит, анатаз, которые явно концентрируются в тонких фракциях. Другие минералы встречаются значительно реже, преимущественно в этих же тонких фракциях.

Для сравнения можно привести также некоторые данные по аллювию Волги, полученные В. Е. Рясинной (1961). Минеральный состав различных фаций аллювия Волги был изучен в двух фракциях: 0,25—0,1 мм и 0,1—0,05 мм. В первой из этих фракций относительно меньше полевых шпатов, слюды, ильменита, магнетита, циркона, рутила, сфена, апатита, цоизита, турмалина, граната и больше кварца, лейкоксена, дистена, ставролита, силлиманита, андалузита, пироксенов. Содержание роговой обманки и эпидота в обеих фракциях сохраняется примерно на одном уровне.

Итак, в характере распределения минеральных компонентов в гранулометрическом спектре аллювия Днепра, Десны, Оки, Волги, Миссисипи и, очевидно, многих других рек обнаруживается очень большое сходство, что, по-видимому, отражает существенную особенность

Распределение минералов в гранулометрическом спектре

№ образца	Место взятия образца и название осадков	Размер фракции, мм	Содержание тяжелой фракции, %	Тяжелая фракция								
				Рудные				Циркон	Рутил	Турмалин	Гранат	Дистен
				Ильменит	Магнетит	Пирит	Общее					
702	Ока у Спасска-Рязанского, песок с/з ($Md = 0,27$ мм, $S_o = 1,24$)	0,25—0,21	0,11	13,0	3,0	—	19,0	—	—	9,0	13,0	13,0
		0,21—0,16	0,28	12,4	1,9	—	16,9	0,2	0,4	4,6	14,3	17,3
		0,16—0,10	0,31	14,2	3,7	—	19,4	1,5	0,7	2,2	20,1	14,2
		0,10—0,063	2,41	28,0	10,0	—	44,0	5,0	1,0	?	13,0	4,0
		0,063—0,05	4,16	22,0	8,0	—	40,0	10,0	4,0	2,0	6,0	4,0
675	Десна у Чернигова, песок м/з ($Md = 0,15$ мм, $S_o = 1,20$)	0,21—0,16	0,04	19,8	2,1	—	24,5	—	—	7,8	17,8	7,8
		0,16—0,10	0,55	25,4	1,9	—	31,1	3,2	1,5	4,2	18,3	4,7
		0,10—0,063	2,47	28,4	2,3	0,2	33,6	16,4	5,0	2,7	13,3	4,5
		0,063—0,05	3,50	30,3	3,5	0,2	38,0	21,1	7,6	0,7	13,2	4,2
63	Днепр у Днепродзержинска, песок м/з ($Md = 0,19$ мм, $S_o = 1,30$)	0,25—0,16	0,04	9,5	1,9	—	13,8	—	—	7,1	19,5	4,3
		0,16—0,10	0,34	17,8	1,1	—	23,0	0,4	0,2	5,4	19,8	2,4
		0,10—0,063	3,35	25,5	4,6	—	33,1	6,5	1,9	3,0	15,8	2,8
		0,063—0,05	18,15	18,3	10,8	0,2	41,0	7,5	8,4	3,2	6,7	2,8
		0,05—0,01	13,70	20,4	16,3	0,2	39,1	14,4	6,1	1,6	8,4	2,1
17	Днепр у Канева, песок с/з, ($Md = 0,32$ мм, $S_o = 1,28$)	0,315—0,25	0,62	34,0	3,0	—	40,0	—	—	3,0	23,0	1,0
		0,25—0,16	0,52	38,9	1,7	—	43,4	0,9	0,4	2,8	23,9	2,8
		0,16—0,10	3,06	31,9	2,3	—	38,1	9,8	1,9	2,0	27,1	2,0
		0,10—0,063	8,91	27,8	3,5	—	39,5	15,7	4,2	1,5	18,0	1,5
69	Днепр ниже Херсона, песок м/з ($Md = 0,20$ мм, $S_o = 1,32$)	0,16—0,10	0,35	28,4	2,2	1,1	35,1	2,2	0,9	6,5	10,4	7,1
		0,10—0,063	0,54	30,1	1,7	2,0	37,3	10,6	5,8	2,6	12,2	3,1
		0,063—0,05	2,78	23,5	2,2	2,8	39,0	10,6	6,1	2,9	11,0	2,4
		0,05—0,01	3,96	17,3	1,4	8,2	28,3	12,4	8,3	3,2	9,6	0,9
81	Псёл в г. Сорочинцы, песок м/з ($Md = 0,14$ мм, $S_o = 1,28$)	0,25—0,16	0,08	15,0	1,0	1,0	22,0	—	1,0	7,0	1,0	11,0
		0,10—0,063	1,07	27,3	1,3	1,0	40,2	2,6	5,8	1,9	11,3	9,1
		0,05—0,01	5,40	20,0	3,2	2,9	33,1	10,3	7,4	2,9	7,1	7,1

минерального состава аллювия равнинных рек, в питании которого преобладающую роль играют относительно олигомиктовые комплексы материнских пород.

Сушею образом иначе выглядит распределение минерального состава в гранулометрическом профиле аллювия горных и полугорных рек, представленного обычно полиминеральными разностями осадков. Так, по данным П. П. Авдусина (1956), осадки некоторых сибирских рек южной предгорной зоны (Ангара, Иркут, Енисей в верховье, Абакан) характеризуются большой пестротой минерального состава. Алевитовая (0,10—0,01 мм) фракция этих осадков обогащена по сравнению с мелкопесчаной (0,25—0,10 мм) фракцией слюдами, хлоритом, эпидотом, цирконом, апатитом, цоизитом, сфеном, рутилом, а также (в отличие от аллювия отмеченных ранее равнинных рек) кварцем, амфиболами, турмалином, иногда — гранатом (гроссуляром), силлиманитом,

аллювиальных песков (фация русловых отелей)

(d > 2,85)									Легкая фракция (d < 2,85)								
Ставролит	Сидлиманит	Пироксены	Амфиболы	Группа эпидота	Слюда и хлорит	Обломки горных пород	Выветрелые зерна	Прочие (в том числе неопределимые)	Кварц	Ортоклаз и микроклин	Плагиоклазы	Глаукофит	Слюда	Карбонаты	Выветрелые зерна и глинистые минералы	Обломки горных пород	Прочие
18,0	3,0	—	16,0	3,0	—	3,0	3,0	—	95,5	1,5	0,2	—	—	—	—	2,8	—
19,5	1,9	0,4	13,6	3,9	0,2	0,7	5,2	0,9	95,1	2,9	0,2	—	—	—	0,2	1,6	—
12,7	0,7	?	16,4	2,9	?	?	2,9	6,3	93,8	3,0	0,5	—	—	—	0,2	2,5	—
10,0	?	?	13,0	?	?	1,0	4,0	5,0	85,6	7,7	1,9	0,6	0,4	0,4	1,3	2,1	—
4,0	2,0	2,0	12,0	8,0	?	—	4,0	2,0	85,5	8,1	0,7	1,1	1,1	0,4	1,4	1,7	—
14,9	6,7	—	12,5	2,1	—	0,5	2,7	2,7	96,9	1,7	0,2	—	—	—	0,2	1,0	—
8,3	5,3	0,4	13,0	3,4	—	0,2	2,8	3,6	94,5	3,1	0,7	0,4	—	—	—	1,3	—
5,2	3,2	0,2	7,9	3,1	0,2	—	1,6	3,1	82,5	8,4	1,9	1,5	0,2	1,7	0,9	2,3	0,6
2,1	0,7	—	7,0	2,8	0,2	—	1,2	1,2	78,3	9,9	0,9	4,3	0,8	2,2	1,5	1,5	0,6
15,2	7,1	0,5	11,5	2,4	0,2	1,0	3,2	4,2	94,3	2,6	0,3	—	—	—	0,3	2,5	—
7,0	4,7	1,3	16,2	7,2	0,2	0,2	3,9	8,1	94,6	2,7	0,3	0,3	—	—	0,2	1,9	—
4,6	1,2	0,5	15,0	8,4	0,2	—	2,8	4,2	90,1	7,2	0,5	0,2	—	—	0,3	1,4	0,3
3,0	2,5	—	4,7	6,4	0,2	—	4,1	9,5	86,1	6,1	0,9	1,9	0,4	1,2	0,7	2,3	0,4
1,2	0,7	0,2	8,1	7,4	0,8	—	4,5	5,4	78,3	10,6	2,0	3,3	0,2	2,0	1,5	1,5	0,6
10,0	2,0	—	5,0	1,0	—	1,0	4,0	10,0	95,0	1,2	—	—	—	—	0,3	3,2	0,3
9,6	2,8	0,2	5,5	1,5	—	0,2	1,3	4,7	96,0	1,4	0,2	0,2	—	—	—	2,4	—
5,9	1,4	—	3,2	4,1	0,2	—	1,1	4,2	93,2	3,7	—	0,5	—	—	0,5	2,1	—
2,2	1,5	0,2	4,2	4,0	0,2	—	3,0	4,1	91,2	6,4	0,5	0,3	—	—	?	1,6	—
6,1	10,6	0,2	11,1	2,8	—	0,4	3,5	3,1	94,5	3,0	0,3	—	0,1	0,3	0,3	1,4	—
5,9	5,3	0,2	7,2	4,2	0,2	0,2	1,0	1,7	87,3	5,5	0,9	0,2	0,5	1,7	0,7	2,5	0,7
4,2	5,5	?	6,6	4,5	0,4	—	2,2	4,5	83,4	7,9	1,4	0,5	0,3	2,5	2,5	1,1	0,4
3,9	2,5	0,7	8,9	10,8	0,7	—	4,1	5,7	60,7	8,2	1,5	1,2	0,7	4,4	21,9	0,7	0,7
5,0	27,0	—	5,0	?	—	?	3,0	17,0	97,4	1,7	—	—	—	—	—	0,9	—
3,9	13,3	—	3,6	1,0	0,3	—	4,9	2,1	87,0	8,4	0,4	0,7	—	—	0,2	2,1	1,2
1,3	3,2	—	6,4	5,5	0,6	—	10,9	4,2	68,5	15,5	0,7	8,9	0,4	1,6	2,0	1,1	1,3

дистеном. Содержание ильменита и магнетита в алевритовой фракции меньше, чем в мелкопесчаной. Особенно показательно соотношение главных породообразующих компонентов (плагиоклазов, кварца и обломков пород), которое отличается большой изменчивостью и беспорядочностью в пределах широкого диапазона размерных фракций. Это хорошо видно на фиг. 2 и 3 в статье П. П. Авдусина.

Аллювий других сибирских рек (Обь, Иртыш) при выходе их из горных областей на равнину имеет уже обычный для равнинных рек характер распределения минеральных компонентов в гранулометрическом профиле осадков. Параллельно с этим в аллювии существенно уменьшается содержание тяжелых минералов.

Разобранные выше гранулометрические вариации минерального состава аллювия равнинных и горных рек отражают, вероятно, некоторые характерные особенности состава обломочных пород олигомиктового

и полимиктового состава вообще. К сожалению, этот вопрос еще мало изучен.

Характер распределения минералов в гранулометрическом спектре осадков зависит от различных факторов. Главным из них является, очевидно, исходный размер минеральных зерен в питающих материнских породах. Большое значение имеет также физико-географическая обстановка, обуславливающая характер транспортировки, отложения осадков, а также их выветривания¹. Третьим существенным фактором являются физические и химические свойства самих минералов, обуславливающие их различную стойкость к механическому и химическому разрушению. Сейчас считается установленным, что процесс разрушения неустойчивых компонентов в аллювии равнинных рек при транспортировке проявляется слабо и практически не изменяет его минерального состава. Разрушение минералов в аллювии горных рек происходит значительно интенсивнее, как это показали Л. Б. Рухин (1947) и другие исследователи.

Об устойчивости минералов при транспортировке

В литологии нет пока общепринятого мнения о том, насколько сильно или слабо проявляются процессы разрушения обломочных компонентов при транспортировке их водными потоками или волноприбоем на побережьях крупных водоемов. Оставив в стороне осадки пляжей, не имеющие прямого отношения к настоящей работе, обратимся к данным по аллювию.

Благодаря исследованиям Р. Рассела (Russell, 1937) по Миссисипи, Н. М. Страхова (Страхов и др., 1954), Д. А. Виталья и М. А. Ратеева (1959) по Сыр-Дарье и других установлено однообразие минерального состава аллювия и взвешенных наносов крупных рек на больших отрезках течения. В то же время в указанных работах отмечаются весьма прихотливые местные колебания минерального состава аллювия, обусловленные, очевидно, в основном неоднородностью гранулометрического состава сравниваемых проб осадков. Как можно будет убедиться при дальнейшем изложении, эти гранулометрические вариации практически затушевывают изменения минерального состава осадков, происходящие за счет разрушения неустойчивых компонентов, а также за счет поступления материала из местных источников питания. К сожалению, влияние гранулометрических вариаций минерального состава при исследованиях аллювия должным образом не учитывалось (исключение — работы Рассела).

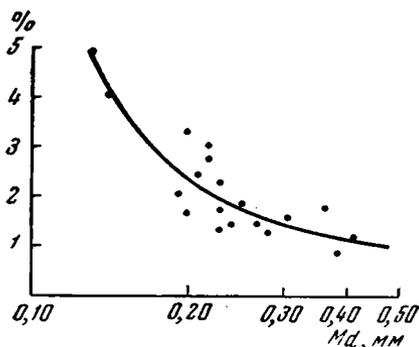
Полноценное сопоставление минерального состава осадков, существенно отличающихся средним размером обломочных частиц и степенью их сортировки, представляет большую методическую трудность в связи с тем, что минералогическая неоднородность осадков и их отдельных размерных фракций обуславливается многими факторами, упоминавшимися в предыдущем разделе. Этот вопрос был обстоятельно разобран В. В. Рубеем (Rubey, 1933), который пришел к выводу, что при сопоставлении минералов тяжелой фракции из различных образцов необходимо изучение размерных фракций, занимающих одинаковое положение на абсциссе гистограмм. Р. Д. Рассел (1936, 1937), развивая

¹ Интересны в этом отношении данные А. В. Сидоренко (1955), изучавшего различные генетические типы континентальных отложений Восточных Каракумов. Он установил, что в песках, испытывавших незначительное выветривание, полевые шпаты, амфиболы и пироксены концентрируются в мелких размерных фракциях. В сильновыветрелых песках содержание этих минералов в мелких фракциях ниже, чем в крупных.

идей Рубея, применил следующую методику для сопоставления различных по крупности и степени сортировки песков р. Миссисипи. Легкие минералы изучались Расселом только в одной размерной фракции 100 меш (0,208—0,147 мм). Для исследования тяжелых минералов в каждом образце производилось усреднение двух размерных фракций. Одна из этих фракций имела постоянный для всех образцов интервал 200 меш (0,104—0,074 мм). Другая фракция являлась промежуточной по размеру между фракцией, содержащей максимальное количество материала, и наиболее мелкой фракцией (для различных образцов из аллювия Миссисипи она варьировала в пределах 65—200 меш, чаще всего составляя 150 меш).

Итак, вопрос о сопоставлении минерального состава различных по крупности и степени сортировки осадков еще недостаточно разработан. Вполне логичные предложения по этому поводу Рубея и его последователей могут обеспечить максимальную сходимость результатов минералогических анализов осадков, сильно различающихся по гранулометрическому составу. Однако для

решения некоторых генетических вопросов использование методов искусственного смешения минералов из различных размерных фракций, неодинаковых для сопоставляемых образцов, принципиально не подходит. По-видимому, для этой цели лучше исследовать несколько фракций узкого размерного интервала, охватывающих в целом наибольшую (породообразующую) часть гранулометрического спектра сравниваемых осадков. Таким путем можно достаточно точно вычислить общее весовое содержание того или иного минерала в тяжелой или легкой фракции, а также во всей массе проб осадков, что является идеальным случаем (фиг. 75). Однако указанный метод является очень трудоемким и может быть применен в редких случаях. В рядовой работе для генетических целей можно с успехом произвести анализ одной или нескольких фракций узкого размера, желательны породообразующих¹. При массовых минералогических анализах осадков обычно используются фракции широкого размерного интервала (0,25—0,10; 0,10—0,01; 0,25—0,01 мм и др.), которые являются породообразующими и заключают в себе основную массу тяжелых минералов. В этом случае, применительно к современным аллювиальным осадкам, для избежания случайных отклонений, вызванных местными изменениями гранулометрического состава отдельных образцов, лучше оперировать усредненными данными по целой группе проб, отобранных в пределах таких участков течения реки, где соотношение источников сноса существенно не изменяется. При этом в значительной мере



Фиг. 75. Зависимость содержания полевых шпатов (во всей массе проб осадков) от среднего размера (Md) слагающих их частиц. Аллювий Среднего Днепра

¹ В легкой фракции 100 меш (0,208—0,147 мм) из осадков р. Миссисипи Рассел обнаружил отчетливое уменьшение содержания полевых шпатов вниз по течению. Содержание же тяжелых минералов в усредненных смешении размерных фракциях заметных изменений не показало. Впрочем, в той серии образцов аллювия из низовьев Миссисипи (300 км от устья), где тяжелые минералы были исследованы только в одной размерной фракции 200 меш (0,104—0,074 мм), выявилось также увеличение количества устойчивых минералов (циркон, рутил) вниз по течению реки.

устраняется влияние местных вариаций, а гранулометрический и минеральный состав отдельных проб приводится к среднему их значению для определенного участка течения реки, что удобно для сравнения. В итоге характер распределения обломочного материала вниз по течению выявляется более четко.

По мнению автора, при исследованиях минерального состава аллювия, имеющих целью выяснить, насколько изменяется исходное соотношение устойчивых и неустойчивых компонентов при транспортировке, необходимо соблюдение следующих условий: 1) на изучаемом участке течения реки должен быть минимальный привнос нового обломочного материала притоками и со склонов долины; 2) образцы для исследования желательнее отбирать из одной и той же фации в течение одного сезона, они должны иметь одинаковый или близкий гранулометрический состав; 3) изучение распределения тех или иных компонентов следует производить в нескольких фракциях небольшого размерного интервала, надо также знать содержание этих компонентов по всей массе исследованных проб.

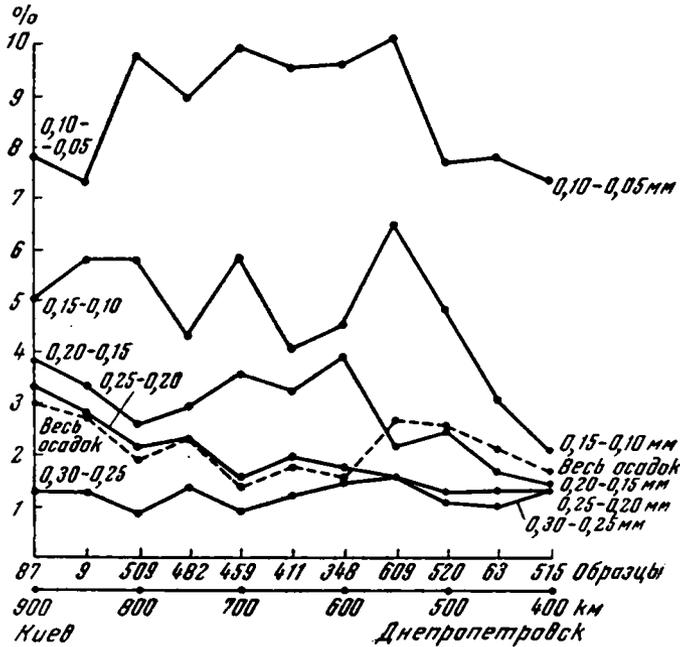
Таким путем была изучена степень механического и химического разрушения полевых шпатов в песчаных русловых осадках Днепра при их транспортировке. Для этого был выбран участок реки между Киевом и Днепрпетровском протяженностью в 500 км. Минеральный состав аллювия здесь уже сформировался и почти не изменяется за счет разбавления материалом, приносимым маловодными притоками и сносимым со склонов долины¹. Образцы для исследования отбирались в 1958—1959 гг. через каждые 50 км у самого уреза воды в межень. Они представляют мелкозернистые пески фации русловой отмели, переносимые главным образом в половодье. Средний диаметр (Md) частиц исследованных образцов равен $0,22 \pm 0,03$ мм, а коэффициент их сортировки (S_o) — $1,21 \pm 0,08$. Примесь гравия и алевритовых частиц практически отсутствует или очень незначительна. Образцы изучались в иммерсии в следующих размерных фракциях: 0,05—0,10 мм; 0,10—0,15 мм; 0,15—0,20 мм; 0,20—0,25 мм; 0,25—0,30 мм; 0,30—0,40 мм; 0,40—0,50 мм, которые обычно составляют в сумме более 99% всей массы песчаных осадков. Содержание полевых шпатов в этих фракциях изображено графически на фиг. 76.

Как видно из фиг. 76, при продвижении вниз по течению Днепра наблюдается ясная тенденция постепенного уменьшения количества полевых шпатов во фракциях: 0,10—0,15 мм (от 5 до 2%), 0,15—0,20 мм (от 4 до 1,5%), 0,20—0,25 мм (от 3,4 до 1,2%). В сумме эти фракции составляют 65—75% всей массы осадков. В наиболее мелких фракциях (<0,10 мм) содержание полевых шпатов остается практически на одном уровне в связи с тем, что уменьшение исходного их количества, по-видимому, компенсируется за счет поступления продуктов дробления из более крупных фракций. Что же касается самых крупных фракций (>0,3 мм), то содержание полевых шпатов в них также остается на исходном уровне. Здесь, очевидно, сказывается недостаточная достоверность данных из-за малого содержания как самих фракций, так и полевых шпатов в них. Кроме того, крупные зерна обладают большей устойчивостью к раздроблению при столкновении с более мелкими зернами песка, преобладающими в осадках. В целом во всей

¹ Уже указывалось, что среднегодовой жидкий сток всех притоков Среднего Днепра не превышает 15% его стока. Примерно такое же соотношение должно быть и для твердого стока. Значительно труднее учесть количество материала, поступающего со склонов долины в русло Днепра. Количество его, вероятно, несколько меньше или равно количеству обломочного материала, приносимого притоками. В песчаных фракциях овражного аллювия, выносимого в русло Днепра в районе г. Качева, содержится на 1—2% больше полевых шпатов, чем в аллювии Днепра.

массе изученных песчаных осадков количество полевых шпатов падает с исходных 3 до 2,5—2%. Главную роль в этом играет, по-видимому, их истирание.

Была также изучена степень выветрелости различных типов полевых шпатов в аллювии Днепра и его притоков. Не вдаваясь сейчас подробно в этот вопрос, который будет в дальнейшем рассмотрен специально, отметим лишь, что химическое выветривание полевых шпатов при транспортировке аллювия проявляется в ничтожной степени¹. Статистически, на основании исследования более 2500 зерен, уловлена



Фиг. 76. Характер распределения полевых шпатов в песках русловых отмелей Днепра от Киева до Днепропетровска

лишь очень слабая тенденция увеличения степени выветрелости полевых шпатов в крупных зернах (0,20—0,25 мм и 0,25—0,30 мм), которые, по-видимому, подвержены наиболее медленному переносу. Количественно указанное изменение не превышает 1—2% на расстоянии 500 км по течению Днепра.

Итак, на основании вышеизложенного можно заключить, что при транспортировке русловых песчаных осадков Среднего Днепра на протяжении 500 км значительное количество полевых шпатов подвергается существенному механическому разрушению и очень слабому химическому выветриванию.

Аналогичные результаты были получены Расселом (1937) в отношении русловых песков Миссисипи. Как видно из табл. 22, составленной на основании данных Рассела, содержание полевых шпатов, особенно свежих, явно уменьшается вниз по течению реки с исходных 23—24 до 20—21% на расстоянии около 1700 км. Содержание же выветрелых полевых шпатов не только не обнаруживает тенденции увеличения, а, наоборот, даже несколько падает. Это свидетельствует о том, что разру-

¹ Фактический материал по этому вопросу приведен в статье автора (Лазаренко, 1961).

Содержание полевых шпатов (в %) в современном русловом аллювии
р. Миссисипи (размер частиц 0,21—0,15 мм; обобщено по данным Рассела)

Полевые шпаты	Расстояние мест отбора образцов от устья реки, км										
	1730— 1575	1535— 1420	1380— 1255	1220— 1090	1060— 940	895— 765	720— 600	570— 450	410— 300	270— 125	110— 0
Общее содержание . .	23,4	23,8	23,2	24,4	21,8	24,2	21,5	19,4	17,7	20,7	20,2
В том числе свежие	17,8	19,8	19,6	18,8	17,7	19,6	18,3	14,8	14,8	17,6	16,2
В том числе выветре- лые	5,6	4,0	3,6	5,6	4,0	4,6	3,2	4,6	2,9	3,1	4,0
Плагиоклазы (свежие)	11,4	12,4	13,2	11,4	12,2	12,4	11,8	8,6	8,4	9,8	9,0
Ортоклаз и микроклин (свежие)	6,4	7,4	6,4	7,4	5,5	7,2	6,5	6,2	6,4	7,8	7,2
Количество образцов	5	5	5	5	4	5	4	5	7	8	9

шение полевых шпатов при транспортировке в аллювии происходит главным образом не за счет их химического разложения, а за счет механического истирания. Последнее проявляется в отношении плагиоклазов значительно сильнее, чем в отношении калиевых полевых шпатов.

Сопоставление степени истирания полевых шпатов при транспортировке в русловых песках Миссисипи и Днепра требует осторожности. Дело в том, что первые имеют мезомиктовый, ближе к полимиктовому состав (60—70% кварца, около 25% полевых шпатов), а вторые характеризуются типично мономиктовым составом (около 95% кварца). Кроме того, полевые шпаты в осадках Миссисипи представлены преимущественно олигоклазом и андезином, а в осадках Днепра — ортоклазом и микроклином. Следует иметь в виду и различную методику изучения состава этих осадков. Так, Рассел исследовал легкие минералы только в одной фракции 100 меш (0,208—0,147 мм), выделенной из образцов, сильно отличающихся по гранулометрическому составу. Мною же определено содержание полевых шпатов и других легких минералов в нескольких узкоразмерных фракциях и во всей массе образцов, специально выбранных и имеющих близкий гранулометрический состав.

Все же на основании полученных данных можно в самом первом приближении подсчитать, что в русловых песках Среднего Днепра при переносе на расстояние 500 км истирается 30% полевых шпатов, а в аллювии Миссисипи при переносе на 1700 км — 15% (по Расселу — 20%). Если взять отношение количества истертых полевых шпатов (в процентах) к длине пути их переноса (в километрах), то можно получить коэффициент, показывающий, какое количество полевых шпатов от исходного истирается при транспортировке на 1 км. Для русловых песков Миссисипи этот коэффициент составит около 0,1%, а для аналогичных осадков Среднего Днепра — 0,6%. Вероятно, эти данные в отношении Миссисипи несколько занижены (за счет влияния выносов крупных притоков: Сан-Франциско, Блэк-Ривер, Арканзаса и др.), а в отношении Среднего Днепра они могут оказаться завышенными (за счет небольшого содержания полевых шпатов в осадках и в связи с этим меньшей степени достоверности их учета). Для более достоверной количественной оценки степени механического истирания полевых шпатов и других минералов при транспортировке в русловом аллювии потребовался бы очень большой объем исследований, включающий различные данные как по составу аллювия, так и по гидродинамическому режиму рек. Прибеденные данные о характере механического разрушения полевых шпатов при транспортировке в аллювии Миссисипи и Днепра сле-

дует рассматривать как самые приблизительные наметки, дающие лишь порядок этой величины, составляющей немногие десятые доли процента (от исходного количества) на 1 км пути переноса.

Полевые шпаты в аллювии можно рассматривать в качестве своеобразного эталона для косвенного сравнения с другими минералами и суждения об устойчивости последних при транспортировке. При этом в первую очередь следует иметь в виду абразивную прочность минералов, которая обуславливается их твердостью, вязкостью, наличием и характером спайности, степенью химического разложения и др. По самым новым данным А. А. Кухаренко (1961), минералы россыпей образуют следующий ряд по возрастанию абразивной прочности (выборочно): моноклинные пироксены, лимонит, эпидот, обыкновенная роговая обманка, дистен, апатит, монацит, ставролит, андалузит, гематит, пирит, ильменит, магнетит, касситерит, циркон, турмалин, альмандин, топаз, рутил, шпинель, корунд. К сожалению, данных по полевым шпатам А. А. Кухаренко не приводит. В более старой работе Ф. В. Фрайзе (Freise, 1931) на основании экспериментальных исследований указывается такая относительная устойчивость некоторых минералов к истиранию при транспортировке (выборочно)¹: монацит (120), ортоклаз (150), диопсид (160), андалузит (220), дистен (260), апатит (275), эпидот (320), ильменит (325), магнетит (380), гранат (380), топаз (390), ставролит (420), турмалин (820).

Этот ряд устойчивости минералов к истиранию в общих чертах совпадает с последовательностью, указываемой А. А. Кухаренко (за исключением монацита, эпидота, ставролита и некоторых других).

Итак, полевые шпаты вместе с пироксенами, амфиболами и некоторыми другими минералами обладают наименьшей абразивной прочностью. Поэтому данные о степени механического истирания полевых шпатов в аллювии Миссисипи и Днепра, по-видимому, близки к предельно-возможным величинам, характеризующим степень истирания донных песчаных наносов равнинных рек вообще².

Значительно быстрее происходит процесс изменения минерального состава обломочных частиц при транспортировке в аллювии горных рек. Здесь обломочный песчаный материал подвергается главным образом не истиранию, а раздроблению вследствие энергичных столкновений обломков между собой и со скалистым дном потока, а также перемалыванию песчаных частиц между гальками и валунами. Как показала М. Ф. Филиппова (1933), в аллювии типичных горных рек (Большая Лаба, Уруп и их притоки), кроме полевых шпатов, очень быстро разрушаются также серпентин, тальк, частично амфиболы, эпидот, биотит и др. Несмотря на то, что в верховьях некоторых рек (Большая Лаба и др.) аллювий образуется непосредственно за счет изверженных и метаморфических пород, обогащенных полевыми шпатами (>50%), содержание последних, особенно плагиоклазов, в аллювии не превышает немногих процентов (до 5—10%). Сходные данные для аллювия Большой Лабы получены также Л. Б. Рухиным (1947). В отношении степени выветрелости минералов при транспортировке в аллювии горных рек сколько-нибудь заметных изменений не наблюдалось.

¹ Все величины представляют средние данные из трех определений. За эталон принят кристаллический гематит с относительной устойчивостью, равной 100.

² Некоторые исследователи указывают на еще большую степень истирания полевых шпатов в аллювии при транспортировке. Так, В. Мэки (Maskie, 1896) при изучении песчаных осадков рек Файндхорн и Спей в Шотландии обнаружил, что на расстоянии 50—65 км вниз по течению в аллювии исчезает около 50% полевых шпатов. Однако эти результаты мало достоверны из-за небольшого числа исследованных образцов.

Изменение минерального состава аллювия вниз по течению и обуславливающие его причины

Минеральный состав русловых осадков Днепра, систематически изученных на протяжении около 2100 км по течению, претерпевает существенные изменения. Это можно видеть в табл. 15, где приведены усредненные данные о минеральном составе осадков Днепра в пределах крупных участков его течения. В более полной форме характер изменения минерального состава показан на следующей схеме (табл. 23).

Таблица 23

Изменение минерального состава современного аллювия Днепра вниз по течению

Характер изменения	Минералы, содержание которых увеличивается	Минералы, содержание которых уменьшается
Отчетливое изменение	Циркон Рутил Сфен Лейкоксен Силлиманит	Гранат Пироксены моноклинные Микроклин
Менее отчетливое изменение	Ильменит Дистен Андалузит Пирит Карбонаты (тяжелая и легкая фракции) Цоизит (?) Турмалин (?) Кварц Глауконит (легкая фракция)	Пироксены ромбические Пироксены (общее) Роговая обманка Актинолит Амфиболы (общее) Хлоритоид Апатит Хлорит Обломки пород (тяжелая фракция) Ортоклаз Плагиоклазы Полевые шпаты (общее) Обломки кристаллических пород (легкая фракция) Обломки пород, общее (легкая фракция) Выветрелые зерна (легкая фракция)
Неясное изменение	Выветрелые зерна (тяжелая фракция) Эпидот Щелочные амфиболы Слюды Гидроокислы и окислы Fe Магнетит Обломки кремнистых пород (легкая фракция) и др.	

В числе минералов аллювия, содержание которых вниз по течению реки увеличивается, находятся устойчивые минералы (кварц, циркон, рутил, турмалин), часть рудных (ильменит, лейкоксен), минералы метаморфических пород (дистен, ставролит, силлиманит, андалузит), карбонаты, пирит и др. Содержание неустойчивых к разрушению минера-

лов (пироксены, амфиболы, полевые шпаты), а также граната-альмандина, апатита, хлорита, хлоритоида и обломков пород (за исключением кремнистых), наоборот, уменьшается. Такие минералы, как эпидот, слюды, щелочной амфибол (глаукофан), гидроокислы и окислы железа, магнетит, не имеют ясно выраженной тенденции изменения.

Главными факторами, влияющими на изменение минерального состава аллювия вниз по течению, по мнению автора, являются: 1) источники питания, соотношение которых изменяется на разных участках течения реки, 2) влияние гранулометрического состава осадков на их минеральный состав, 3) некоторое разрушение неустойчивых компонентов при транспортировке и обогащение аллювия более устойчивыми компонентами.

Влияние источников питания особенно заметно в верхнем течении Днепра, где в оформлении минерального состава аллювия большую роль играют выносы крупных притоков: Березины, Сожа, Припяти и Десны. Это заметно сказывается на составе аллювия Днепра ниже их впадения (см. табл. 15).

Обломочный материал, выносимый Березиной, приводит к некоторому увеличению содержания кварца, граната, выветрелых зерен тяжелых минералов, а также к уменьшению количества магнетита, гидроокислов железа, базальтической роговой обманки, полевых шпатов.

Выносы Сожа несколько обогащают аллювий Днепра рудными минералами (магнетит, гидроокислы железа, пирит), цоизитом, дистеном, силлиманитом и обедняют содержание пироксенов, базальтической роговой обманки и граната.

Осадки Припяти особенно обеднены по сравнению с аллювием Днепра полевыми шпатами, амфиболами и пироксенами. С другой стороны, они обогащают днепровский аллювий кварцем, обломками кремнистых пород, ильменитом, лейкоксеном, цирконом, рутилом, эпидотом и цоизитом.

Влияние выносов Десны сказывается в увеличении содержания кварца, дистена, ставролита, силлиманита, ильменита, циркона, рутила и в уменьшении количества ортоклаза, микроклина, амфиболов, пироксенов, цоизита.

Второй фактор определяет некоторое изменение минерального состава аллювия в среднем и особенно нижнем течении Днепра, где река фактически является транзитной. Главная причина этого изменения обусловливается постепенным измельчением осадков аллювия вследствие изменения гидродинамического режима реки и выпадения более грубого материала выше по течению. Только этим объясняется тот факт, что в аллювии нижней части течения Днепра увеличивается количество полевых шпатов, эпидота и некоторых других минералов (как относительно — в отдельных размерных фракциях, так и абсолютно — во всей массе осадков), несмотря на то, что в аллювии местных притоков эти минералы содержатся в меньшем количестве.

Влияние третьего фактора гораздо меньше, чем первых двух. Оно проявляется в довольно скрытой форме, затушевываясь влиянием первых двух факторов, и может быть выявлено лишь при специальной методике изучения, о чем подробно говорилось в предыдущем разделе.

По отношению к разным минералам влияние трех отмеченных факторов различно. В условиях Днепра все они однозначно способствуют уменьшению содержания некоторых неустойчивых минералов (пироксены, амфиболы), альмандина и увеличению количества некоторых устойчивых минералов (циркон, рутил) вниз по течению реки.

По отношению к другим минералам наблюдается взаимно-противоположное влияние указанных трех факторов. К примеру, устойчивый минерал турмалин, в отличие от циркона и рутила, больше тяготеет

к крупноразмерным фракциям. Наиболее богатыми турмалином источниками сноса являются третичные отложения в бассейне Среднего и Нижнего Днепра. Однако обогащение аллювия турмалином здесь практически не происходит, так как аллювий в этой части течения существенно измельчается.

Следующий пример — полевые шпаты. Это в целом неустойчивые минералы, содержащиеся в наибольшем количестве в аллювии Верхнего Днепра. Казалось бы, что их содержание должно уменьшаться вниз по течению вследствие разубоживания за счет сноса из бедных полевыми шпатами источников питания (третичные и другие отложения), а также за счет относительно легкого их истирания при транспортировке. Однако происходящее наряду с этим измельчение осадков аллювия вследствие ослабления гидродинамической активности реки приводит к некоторому обогащению осадков полевыми шпатами (которые, как известно, тяготеют к фракциям мелкого размера).

Другой пример — минералы метаморфических пород (дистен, ставролит, силлиманит, андалузит), отчетливо тяготеющие к крупноразмерным фракциям осадков. Несмотря на измельчение аллювиальных осадков вниз по течению, содержание указанных минералов в них увеличивается за счет влияния источников питания (третичные отложения) в среднем и нижнем течении Днепра.

Подобные примеры взаимоположного сочетания факторов, изменяющих минеральный состав аллювия вниз по течению, можно привести в отношении кварца, апатита, эпидота, слюд, хлоритона и других минералов. Однако для многих из этих минералов относительное значение упоминавшихся факторов менее ясно.

В итоге общая картина изменения минерального состава аллювия вниз по течению имеет сложный характер. Все же применение специальных методов исследования и обработки данных минералогических анализов (в том числе их усреднения) позволяет разобраться в общих чертах во взаимоотношениях различных факторов, изменяющих минеральный состав аллювия, и дать оценку их относительной роли. Это было показано при изложении материала по аллювию Днепра и отчасти Миссисипи.

Распределение минералов в фаціальном профиле аллювия

Минеральный состав аллювия изучен пока крайне односторонне. Так, вопросам распределения минералов в русловом аллювии посвящено множество работ. Особенности же минерального состава других фаций аллювия до недавнего времени совсем не были известны. Единственное исследование в этом направлении, посвященное закономерностям распределения терригенных минералов в различных фаціальных типах аллювия Волги, было недавно сделано В. Е. Рясинной (1961).

По данным В. Е. Рясинной (табл. 24), при переходе от русловых осадков к пойменным и далее к старичным во фракциях 0,25—0,1 мм и 0,1—0,05 мм, применявшихся для изучения, однозначно уменьшается содержание ильменита, магнетита, граната, сфена, дистена, ставролита и увеличивается количество плагиоклазов, слюды, эпидота и роговой обманки (см. табл. 22). Относительное содержание турмалина и кварца во фракции 0,25—0,1 мм уменьшается, а во фракции 0,1—0,05 мм увеличивается (для циркона и силлиманита наблюдается обратная картина).

Логично представить себе, что процессы механической дифференциации от русла в глубь поймы должны приводить к сортировке обло-

Минеральный состав (в %) современного аллювия р. Волги (по В. Е. Рясной)

Минералы	Фракция 0,25—0,1 мм			Фракция 0,1—0,05 мм		
	Русловый песок	Пойменные тонкий песок и супесь	Старичный ил	Русловый песок	Пойменные тонкий песок и супесь	Старичный ил
Количество образцов	10	11	7	13	14	14
Тяжелая фракция:						
Ильменит	5,4	4,0	3,3	21,5	20,0	13,0
Лейкоксен	22,8	18,0	21,4	5,3	4,0	3,7
Магнетит	2,3	1,5	1,4	8,1	7,2	5,6
Лимонит	12,0	12,2	12,1	4,4	5,1	5,7
Циркон	0,2	+	1,0	5,0	4,2	3,8
Турмалин	1,0	1,4	—	1,2	2,3	3,0
Рутил	—	+	—	1,9	3,4	3,5
Сфен	1,4	0,7	1,0	1,5	1,1	0,8
Апатит	—	—	+	0,7	0,6	1,2
Гранат	4,9	3,2	2,5	7,0	4,5	3,2
Дистен	2,2	1,4	1,0	1,0	1,0	0,7
Ставролит	3,0	2,0	2,3	1,0	0,8	0,5
Силлиманит	0,8	0,9	0,9	0,4	0,3	0,2
Андалузит	+	+	—	—	—	—
Пироксены	3,2	4,8	3,6	2,6	3,2	2,1
Эпидот	28,5	35,0	33,0	26,0	25,0	33,6
Цоизит	1,0	3,0	2,8	2,4	3,3	2,2
Роговая обманка	11,3	11,9	13,0	10,0	14,0	18,0
Легкая фракция:						
Кварц	78,6	54,4	48,0	43,0	53,5	50,4
Ортоклаз	10,0	19,5	12,7	31,0	26,0	18,0
Плагиоклазы	2,2	2,5	8,1	2,2	4,2	8,8
Слюды	0,8	2,6	5,5	5,8	5,4	6,8
Кремень	1,6	5,5	1,8	5,2	2,6	1,2
Агрегатные сростки	6,8	12,5	10,1	12,0	8,3	11,5
Вивинит	—	—	13,8	—	—	3,3

мочного материала по его гидравлической крупности, зависящей прежде всего от размера, удельного веса и формы частиц¹.

Очевидно, для разных минералов относительное влияние каждого из трех указанных факторов будет различным. Интересно было бы выяснить, какой из этих факторов является ведущим в каждом конкретном случае. К сожалению, из работы В. Е. Рясной получить однозначный ответ на этот вопрос трудно. Дело в том, что минеральный состав осадков Волги изучался во фракциях довольно широкого размерного интервала: 0,25—0,1 и 0,1—0,05 мм, что неизбежно приводило к значительному различию в гранулометрии (размере частиц) сравниваемых образцов. Как свидетельствует сама В. Е. Рясина (стр. 109), в одних и тех же фракциях, выделенных из русловых песков, средний

¹ По данным В. Е. Рясной (1961), минералы с удельным весом более 3,5 (ильменит, циркон, гранат) концентрируются в русловых осадках; минералы с удельным весом менее 3,3 (роговая обманка, эпидот, апатит, турмалин, слюды) тяготеют к старичным осадкам, а минералы с удельным весом от 3,3 до 3,5 (пироксены) дают максимальное содержание в пойменных фациях.

диаметр частиц тяготеет к верхнему пределу фракций, а частиц, выделенных из старичных илов, — к нижнему.

Принимая во внимание характер гранулометрических вариаций минерального состава аллювия, подробно рассмотренных ранее, и большой интервал конечных размеров фракций, изученных Рясиной, нетрудно убедиться, что выведенные закономерности изменения минерального состава в сравниваемых группах образцов от русловых песков к старичным илам можно просто объяснить одним различием в их гранулометрическом составе. И лишь в отношении наиболее тяжелых минералов — циркона (фракция 0,05—0,01 мм), ильменита и магнетита — можно однозначно считать, что характер их распределения в фациальном профиле аллювия контролируется главным образом удельным весом этих минералов.

Автором был изучен минеральный состав нескольких образцов осадков Днепра, Десны и Оки, отобранных в следующих фациальных обстановках: 1) стрежневая зона русла, 2) русловая отмель, 3) заиленная русловая отмель, 4) приречная пойма, 5) старица. Две первые фации характеризуются песчаными осадками, образовавшимися за счет влекомого по дну материала, остальные — алевритами и пелитами, образовавшимися за счет взвесей. Для устранения влияния гранулометрических вариаций на минеральный состав сравниваемых образцов определение его производилось в трех фракциях узкого размера: 0,05—0,063 мм, 0,16—0,21 мм и 0,21—0,25 мм. Последняя фракция оказалась неподходящей для сравнения, так как содержание ее в тонкозернистых осадках обычно ничтожно, а тяжелые минералы встречаются в ней только в виде единичных зерен.

Распределение минералов в фациальном профиле аллювия Днепра, Десны и Оки сходно. Особенно показателен материал по алевритовой фракции (0,05—0,063 мм), приведенный в табл. 25. Здесь ясно видно, что содержание некоторых минералов в осадках, образовавшихся из влекомого по дну материала (фации пристрежневая и русловой отмели), и в осадках, возникших за счет взвесей (пойменно-старичные фации и субфация заиленных русловых отмелей), существенно различно. Так, первая группа осадков обогащена ильменитом, магнетитом, цирконом, рутилом, в меньшей степени — гранатом. Вторая группа осадков содержит относительно больше турмалина, силлиманита, амфиболов, пироксенов, слюд, хлорита, хлоритоида, минералов группы эпидота и выветрелых зерен. Содержание других минералов в осадках обеих групп примерно одинаково.

Обеднение тонких алевритовых и пелитовых осадков пойменно-старичного типа наиболее тяжелыми минералами — ильменитом, магнетитом, цирконом, рутилом и гранатом — логично объяснить их большим удельным весом (>4,2), вследствие чего они раньше других минералов выпадают из взвесей в осадок. Кроме ведущей сортировки по удельному весу, в группе указанных минералов имеет место и некоторая сортировка по форме частиц. Именно этим можно объяснить то, что в фациальном профиле аллювия распределение рутила выражено более контрастно, чем граната: рутил и гранат (альмандин) имеют практически одинаковый удельный вес (4,2—4,3), однако окатанность зерен рутила в среднем гораздо больше (а гидравлическая крупность их меньше), чем зерен граната.

Обогащение пойменно-старичных осадков турмалином, апатитом, силлиманитом, эпидотом объясняется, очевидно, сравнительно небольшим удельным весом (2,9—3,4) этих минералов. В отношении слюд, хлорита, хлоритоида, амфиболов и пироксенов наряду с относительно небольшим удельным весом существенную роль играет также пластинчатая их форма, вследствие чего они дольше других тяжелых минералов

могут находиться во взвешенном состоянии и давать максимум концентрации в самых тонкозернистых осадках. Тяготение выветрелых зерен к тонкозернистым осадкам объясняется сравнительно низким удельным весом этих зерен, а также тем, что в русловых песках они быстрее разрушаются механически.

Некоторые минералы в аллювии имеют аутигенный характер (пирит, гидроокислы железа, карбонаты и др.)¹. Для пирита это доказывається главным образом тем, что он, обладая самым высоким (4,9—5,2) по сравнению с другими минералами удельным весом, наиболее распространен в тонкозернистых, обогащенных органическим веществом осадках. Аутигенные карбонаты устанавливаются по их совершенной неокатанной остроугольной или лапчатой форме, далеко превосходящей в этом отношении все другие минералы. Гидроокислы железа в некоторых образцах (например, 704) дают настолько повышенное содержание, что подавляют количественно все другие минералы тяжелой фракции. Очень часто гидроокислы железа покрывают в виде пленок поверхность других минералов.

По сравнению с вышеприведенными данными по алевритовой фракции 0,063—0,05 мм характер фациального распределения минералов в песчаной фракции 0,21—0,16 мм выражен значительно хуже и менее контрастно (табл. 26). Отчасти это можно объяснить существенным обеднением песчаной фракции минеральными видами, а также меньшим объемом аналитического материала². Все же главная причина заключается, по-видимому, в существенно ином способе транспортировки песчаных частиц — преимущественно волочением. При этом различия в удельном весе минералов не имеют особого значения для их разделения в фациальном профиле аллювия. В самом деле, из табл. 26 можно видеть, что в группе наиболее тяжелых ($d > 4,2$) минералов во фракции 0,21—0,16 мм только ильменит, магнетит и циркон обнаруживают тенденцию концентрации в наиболее крупнозернистых русловых песках, принадлежащих пристрежневой фации. Другие минералы этой группы (гранат, рутил) в русловых песках концентрации не дают. Что же касается минералов с относительно пониженным удельным весом ($d < 3,4$), явно тяготеющих в алевритовой фракции к тонкозернистым осадкам, то песчаные фракции (0,21—0,16 мм) этих же осадков ими не обогащаются. Некоторое исключение составляют слюды, пластинчатая форма которых способствует их переносу во взвешенном состоянии и последующему отложению в наиболее тонкозернистых осадках.

Итак, из данных В. Е. Рясиной (1961) по аллювию Волги, а также из данных автора по аллювию Днепра, Десны и Оки можно прийти к выводу о том, что механическая дифференциация аллювия от русла в глубь приводит к закономерному и достаточно четко выраженному распределению терригенных минеральных компонентов в фациальном профиле аллювия. Сортировка минералов определяется различиями в их гидравлической крупности и способе транспортировки.

Мелкие частицы алевритового размера переносятся во взвешенном состоянии. Существенную роль в их сортировке, кроме размера, играет также удельный вес и форма частиц. Сортировка по удельному весу наиболее заметна в отношении самых тяжелых минералов аллювия

¹ Подробное описание минеральных новообразований будет приведено дальше в специальном разделе.

² Во фракции 0,063—0,05 мм подсчитывалось в среднем 430—480 зерен тяжелых минералов и такое же количество легких. При учете тяжелых минералов во фракции 0,21—0,16 мм обычно использовался весь материал (в среднем 200—250 зерен). Когда количество зерен тяжелых минералов не превышало 100, их содержание округлялось до целых чисел, а когда было меньше 50, содержание минералов давалось в условных единицах.

(ильменит, циркон, магнетит), а также апатита и турмалина. Распределение слюд, хлорита, хлоритоида, роговой обманки и пироксенов обуславливается их формой, в меньшей степени — размером и удельным весом. Все другие изученные минералы сортируются почти исключительно по размеру (и суммарному весу) частиц.

Песчаные частицы переносятся преимущественно волочением и путем сальтации. Решающее значение в фациальном распределении этих частиц имеет их размер. Удельный вес и форма частиц не играют особой роли. В целом фациальная сортировка минералов в песчаной фракции аллювиальных осадков выражена значительно хуже и менее контрастно, чем в алевритовой фракции.

Морфологические особенности минералов и их значение для корреляции

Наряду с исследованием минерального состава осадков в фациальном профиле аллювия Днепра, Десны и Оки были произведены также наблюдения над морфологическими особенностями минералов, в первую очередь, над степенью окатанности их зерен. В общем во всех изученных типах и фациях аллювия степень окатанности одних и тех же минералов оказалась очень сходной. Наиболее окатаны в аллювии зерна ильменита, турмалина, циркона, рутила, глауконита, магнетита, лейкоксена, эпидота, силлиманита. Хуже окатаны зерна кварца, граната, ставролита, пироксенов, роговой обманки, карбонатов, гидроокислов и окислов железа, органические остатки и др. С увеличением размера зерен степень их окатанности возрастает.

Усредненные данные об окатанности зерен некоторых минералов во фракциях 0,21—0,16 мм и 0,063—0,05 мм приведены в табл. 27¹. Здесь можно видеть, что заметных различий в средней степени окатанности зерен одних и тех же минералов в осадках различных фаций аллювия не наблюдается. Некоторое исключение составляют лишь во фракции 0,21—0,16 мм порообразующие минералы — кварц и полевые шпаты, которые в русловых песках немного больше окатаны, чем в тонких осадках пойменно-старичного типа. В отношении кварца, полевых шпатов и некоторых других минералов во фракции 0,21—0,16 мм намечается прямое соотношение между степенью их окатанности и *Md* частиц в образцах. Возможно, это связано с некоторым отличием в среднем размере частиц во фракции 0,21—0,16 мм из сравниваемых образцов.

Данные, приведенные в табл. 27, показывают, что в аллювии Днепра, Десны и Оки наблюдается удивительное совпадение в отношении средней величины окатанности зерен кварца, полевых шпатов, турмалина (в меньшей степени ильменита, роговой обманки, граната, глауконита) и, очевидно, многих других минералов. Это можно объяснить не только различной окатанностью минеральных зерен в породах исходных источников сноса, но и специфическими условиями транспортировки аллювиальных осадков. По-видимому, в последних сравнительно быстро достигается динамическое равновесие между скоростью потока, размером переносимых частиц и степенью их окатанности. Как показали

¹ Степень окатанности обломков учитывалась визуально по пятибалльной шкале, предложенной С. Гуггенмосом (Guggenmoos, 1934) и измененной Л. Б. Рухиным (1961): 0 — совершенно неокатанные обломки с острыми режущими краями; 1 — обломки первоначальной формы со слегка окатанными углами и ребрами; 2 — обломки средней окатанности с отчетливо заметными прямолинейными отрезками в очертаниях; 3 — хорошо окатанные обломки со следами первоначальной огранки; 4 — идеально окатанные обломки. Для определения среднего балла окатанности количество обломков в каждой группе умножалось на соответствующий ей балл, и полученная сумма произведений делилась на число подсчитанных зерен.

Минеральный состав (в %) фракции 0,063—0,050 мм из современных аллювиальных осадков

Река, пункт	Фациальная обстановка	№ образца	Осадок	Выход тяжелой фракции, %	Тяжелая фракция (d>2,85)																			Легкая фракция (d<2,85)													
					Рудные						Циркон	Рутил	Турмалин	Гранат	Дистен	Ставролит	Силлиманит	Пироксены	Амфиболы	Группа эпидота	Апатит	Слюда	Хлорит и хлоритид	Сфен	Карбонаты	Выветрелые зерна	Прочие (в том числе неопределенные)	Полевые шпаты				Глаукозит	Слюда	Карбонаты	Органические остатки	Обломки горных пород	Выветрелые зерна и глинистые минералы
					Ильменит	Магнетит	Лейкоксен	Окислы и гидроксиды Fe	Пирит	Общее																		Кварц	Ортоклаз и микроклин	Плагиоклазы	Общее						
Днепр у Днепро-Каменки	Стрежень русла	852	Песок р/з (Md=0,51 мм, S ₀ =1,51)	1,21	30,8	3,0	2,5	1,5	0,2	38,0	13,5	4,0	1,5	10,8	1,5	3,5	1,0	0,5	11,5	9,0	—	—	—	1,0	—	3,0	1,2	88,6	7,8	1,3	9,1	1,1	0,2	—	—	0,6	0,4
	Русловая отмель	623	Песок м/з (Md=0,15 мм, S ₀ =1,15)	1,14	25,0	3,1	2,0	4,7	0,2	35,0	15,9	2,7	1,2	10,8	1,8	2,4	0,8	1,0	15,1	5,9	0,2	0,2	0,4	1,4	0,2	2,6	87,6	7,6	1,6	9,2	0,4	0,4	—	0,2	0,9	1,3	
	Заиленная русловая отмель	622	Алеврит глинистый (Md=0,010 мм, S ₀ =3,03)	0,57	16,9	3,7	1,6	5,1	0,8	28,1	2,0	1,8	4,1	10,2	1,4	1,6	2,2	1,2	25,4	11,0	0,4	0,4	0,4	1,0	—	4,3	84,3	8,7	1,5	9,2	0,4	1,4	—	0,8	1,4	1,5	
	Приречная пойма	907	Алеврит (Md=0,02 мм, S ₀ =2,51)	1,32	21,9	2,4	2,8	0,6	—	27,7	8,9	1,5	2,8	10,9	1,7	2,4	1,9	1,6	19,7	11,9	0,4	0,6	0,4	0,6	—	4,6	87,8	8,3	1,3	9,6	0,6	0,4	—	—	1,0	1,2	
	Старица	930	Ил мелкопесчаный (Md=0,12 мм, S ₀ =4,95)	1,09	20,2	2,4	3,6	0,6	0,2	27,0	11,5	2,8	3,2	10,5	1,6	2,6	1,2	1,6	19,7	8,3	0,4	0,4	0,2	0,6	—	4,6	83,2	9,4	1,3	10,7	0,7	0,4	0,4	1,1	1,1	2,4	
Десна у г. Чернигова	Стрежень русла	1045	Песок р/з (Md=0,33 мм, S ₀ =1,50)	4,63	29,0	2,7	2,9	0,6	—	35,2	25,0	9,3	0,6	13,1	1,5	1,7	0,6	—	0,6	2,9	—	—	—	1,2	—	1,2	86,5	8,2	0,2	8,4	0,9	0,4	2,0	0,7	0,9	0,2	
	Русловая отмель	675	Песок м/з (Md=0,15 мм, S ₀ =1,20)	3,50	30,3	3,5	2,8	1,2	0,2	38,0	21,1	7,6	0,7	13,2	4,2	2,1	0,7	—	7,0	2,8	—	0,2	—	1,2	—	1,2	81,3	9,9	0,9	10,8	1,3	0,8	2,2	0,6	1,5	1,5	
	Заиленная русловая отмель	678	Алеврит (Md=0,03 мм, S ₀ =1,66)	1,06	18,6	2,2	3,6	0,9	0,4	25,7	7,4	4,3	3,1	10,4	3,6	4,3	2,2	0,6	19,7	9,9	—	0,2	—	0,7	0,2	5,0	2,7	83,6	8,5	2,2	10,7	1,3	0,4	0,8	0,2	1,7	1,3
	Приречная пойма	1038	Алеврит (Md=0,03 мм, S ₀ =1,94)	0,89	31,0	2,9	2,7	1,2	0,2	38,0	16,1	5,7	1,6	12,3	2,9	2,9	0,8	0,2	10,0	5,1	0,4	—	0,2	1,2	—	1,8	86,5	8,3	0,6	8,9	1,7	0,6	0,4	0,6	1,1	0,2	
	Старица	954	Ил глинисто-алевритовый (Md=0,013 мм, S ₀ =4,16)	0,86	26,5	2,8	2,5	3,1	0,3	35,2	11,2	5,0	1,6	11,8	2,2	2,2	1,2	0,6	13,0	6,8	—	1,2	—	1,2	—	3,7	82,2	6,8	0,6	7,4	0,4	1,6	6,4	0,6	0,4	1,0	
Ока у Спасска-Рязанского	Русловая отмель	702	Песок с/з (Md=0,27 мм, S ₀ =1,24)	4,16	22,0	8,0	4,0	6,0	—	40,0	10,0	4,0	2,0	10,0	4,0	4,0	1,0	1,0	10,0	8,0	—	—	—	1,0	—	3,0	85,5	9,1	0,7	9,8	1,1	1,1	0,4	—	1,7	0,4	
	Заиленная русловая отмель	704	Песок м/з (Md=0,15 мм, S ₀ =1,78)	2,21	15,7	3,1	1,8	51,3*	0,2	20,8	6,9	2,6	3,1	9,3	3,3	2,2	0,4	0,4	26,4	14,1	0,9	1,1	0,2	0,7	—	3,5	83,9	10,1	1,2	11,3	—	0,5	0,5	0,7	1,2	0,9	
	Приречная пойма	720	Пелит (Md=0,007 мм, S ₀ =3,39)	0,89	10,5	2,6	1,8	9,5	0,2	24,6	4,9	1,6	3,3	6,8	3,2	2,3	0,7	0,7	26,8	14,5	0,3	+	0,2	0,3	—	4,4	82,9	13,0	0,2	13,2	0,7	1,6	—	—	0,7	0,9	
	Старица	738a	Ил глинистый (Md=0,007 мм, S ₀ =4,93)	1,63	23,9	3,6	3,2	1,0	++	31,7	7,8	2,9	5,3	6,3	5,9	3,6	0,4	++	15,3	14,4	0,4	0,4	0,2	0,2	—	3,1	2,1	85,0	10,8	0,2	11,0	0,4	1,0	0,4	0,6	0,8	0,8

* Обильный, главным образом аутигенный материал, не включенный в общую сумму (100%) минералов тяжелой фракции. ** Минерал встречен, но не учтен при подсчете.

Таблица 26

Минеральный состав (в %) фракции 0,21—0,16 мм из современных аллювиальных осадков

Река, пункт	Фациальная обстановка	№ образца	Осадок	Выход тяжелой фракции, %	Тяжелая фракция (d>2,85)																			Легкая фракция (d<2,85)										
					Рудные						Циркон	Рутил	Турмалин	Гранат	Дистен	Ставролит	Силлиманит	Андалузит	Пироксены	Амфиболы	Группа эпидота	Слюда	Выветрелые зерна	Прочие (в том числе неопределенные)	Полевые шпаты				Глаукозит	Слюда	Органические остатки	Обломки горных пород	Карбонаты	Выветрелые зерна
					Ильменит	Магнетит	Лейкоксен	Окислы и гидроксиды Fe	Пирит	Общее															Кварц	Ортоклаз и микроклин	Плагиоклазы	Общее						
Днепр у Днепро-Каменки	Стрежень русла	852	Песок р/з (Md=0,51 мм, S ₀ =1,51)	0,19	32,1	2,5	3,7	—	—	38,3	0,6	—	10,2	19,1	3,1	13,0	3,1	0,6	—	5,7	1,2	—	0,6	4,5	95,2	2,7	0,2	2,9	0,2	—	—	1,5	—	0,2
	Русловая отмель	623	Песок м/з (Md=0,15 мм, S ₀ =1,15)	0,14	14,6	0,6	7,0	—	—	22,2	1,1	0,6	8,4	20,4	4,0	11,0	5,8	1,1	0,6	9,2	2,9	0,6	3,5	—	95,3	2,6	0,5	3,1	—	—	—	1,4	—	0,2
	Заиленная русловая отмель	622	Алеврит глинистый (Md=0,010 мм, S ₀ =3,03)	0,22	+++	+	+	—	—	+++	—	—	+++	+++	+	++	+	+	+	+	+	+	+	—	95,3	3,3	—	3,3	—	0,2	—	1,2	—	—
	Приречная пойма	907	Алеврит (Md=0,02 мм, S ₀ =2,51)	0,02	17,0	3,0	6,0	—	—	26,0	—	—	10,0	24,0	3,0	9,0	7,0	1,0	—	10,0	3,0	1,0	6,0	—	96,7	1,8	—	1,8	—	0,2	0,2	1,1	—	—
	Старица	930	Ил мелкопесчаный (Md=0,12 мм, S ₀ =4,95)	0,13	28,5	1,1	4,3	0,5	—	34,4	—	—	6,5	19,6	6,5	10,2	4,3	0,5	0,5	11,1	2,1	—	2,7	—	93,2	4,0	0,7	4,7	—	—	0,5	1,4	—	0,2
Десна у Чернигова	Стрежень русла	1045	Песок р/з (Md=0,33 мм, S ₀ =1,50)	0,37	25,4	2,9	2,3	—	—	30,6	1,7	0,3	4,9	22,6	6,5	14,6	4,3	0,9	0,3	6,3	1,4	—	1,1	—	95,8	2,1	—	2,1	0,7	—	0,3	0,9	—	0,2
	Русловая отмель	675	Песок м/з (Md=0,15 мм, S ₀ =1,20)	0,24	19,8	2,1	2,6	—	—	24,5	—	—	7,8	17,8	7,8	14,9	6,7	1,5	—	12,5	2,1	—	2,7	1,7	96,9	1,7	0,2	1,9	—	—	—	1,0	—	0,2
	Заиленная русловая отмель	678	Алеврит (Md=0,03 мм, S ₀ =1,66)	0,13	17,0	1,0	1,0	1,0	2,0	22,0	—	—	9,0	12,0	7,0	9,0	11,0	1,0	—	8,0	—	1,0	4,0	—	96,3	1,5	0,2	1,7	—	—	0,5	1,0	—	0,5
	Приречная пойма	1038	Алеврит (Md=0,03 мм, S ₀ =1,94)	0,17	24,8	2,1	1,7	0,4	0,2	29,2	0,4	—	5,1	24,1	8,4	13,2	3,5	1,0	—	4,7	1,0	—	1,2	—	96,7	1,7	—	1,7	—	—	—	1,4	—	0,2
	Старица	954	Ил глинисто-алевритовый (Md=0,013 мм, S ₀ =4,16)	0,18	++	—	—	++	—	+++	—	—	+	++	+	++	+	—	—	++	—	—	—	—	—	84,0	0,9	—	0,9	—	0,5	11,5	0,6	2,3
Ока у Спасска-Рязанского	Русловая отмель	702	Песок с/з (Md=0,27 мм, S ₀ =1,24)	0,28	12,4	1,9	1,9	0,7	—	16,9	0,5	0,5	4,6	14,3	17,3	19,5	1,9	0,2	0,4	13,6	3,9	—	5,2	—	95,1	2,9	0,2	3,1	—	—	—	1,6	—	0,2
	Заиленная русловая отмель	704	Песок илистый, м/з (Md=0,15 мм, S ₀ =1,78)	0,18	12,8	1,7	0,7	1,7	+	16,9	0,5	0,7	4,7	17,8	11,1	22,0	1,5	0,7	—	9,2	3,2	—	2,2	—	93,9	4,0	0,4	4,4	—	—	0,2	1,3	—	0,2
	Приречная пойма	720	Пелит (Md=0,007 мм, S ₀ =3,39)	0,20	++	—	—	—	+	+++	—	—	+	++	++	++	—	—	—	++	+	—	—	—	92,7	4,3	0,4	4,7	—	0,2	—	2,2	—	0,2
	Старица	738a	Ил глинистый, (Md=0,007 мм, S ₀ =4,93)	0,07	9,6	0,8	4,1	1,5	0,5	16,5	0,5	0,5	13,2	9,6	13,7	13,2	4,1	—	0,5	14,2	4,1	—	5,0	4,9	89,4	3,6	0,2	3,8	—	0,2	4,0	1,6	0,8	0,2

Примечание. Содержание минералов округлено в пределах точности анализа; при малом количестве материала содержание компонентов обозначено: +++ — преобладающие, ++ — часто встречающиеся, + — обычные.

Р. Д. Рассел и Р. Е. Тэйлор (Russell and Taylor, 1937), в аллювии Миссисипи на расстоянии 1740 км практически сохраняется исходная степень окатанности песчаных зерен¹.

Различия в степени окатанности минералов обусловлены главным образом их физическими свойствами. В общем наблюдается прямая зависимость между твердостью минералов и степенью окатанности их зерен. Исключения представляют минералы с хорошо выраженной спайностью. Так, полевые шпаты и особенно роговая обманка окатаны значительно меньше, чем сходные с ними по твердости рутил и эпидот. Другое исключение представляют весьма твердые минералы — циркон и турмалин, которые обычно хорошо окатаны. Последнее свидетельствует, очевидно, об очень длительном нахождении зерен циркона и турмалина в седиментационных циклах (указанные два минерала вместе с рутилом являются наиболее устойчивыми к выветриванию).

В табл. 27 обращает внимание то, что во фракции 0,21—0,16 мм полевые шпаты окатаны значительно больше, чем кварц, а во фракции 0,063—0,05 мм степень окатанности полевых шпатов и кварца практически одинакова. Указанный факт говорит, по-видимому, о том, что для мелких частиц, переносимых во взвешенном состоянии, зависимость окатанности от твердости или, точнее, от абразивной стойкости проявляется менее четко, чем для более крупных частиц, транспортируемых преимущественно путем волочения и сальтации.

Данные об окатанности и степени выветрелости некоторых минералов позволяют судить о длительности пути и времени поступления их в аллювий или вообще в седиментационный цикл. Эти данные могут быть также использованы для стратиграфического расчленения и местной корреляции аллювиальных отложений. Особенно показательные результаты в этом отношении были получены при изучении полевых шпатов из аллювия Днепра и его притоков.

Изучение степени выветрелости полевых шпатов проводилось на массовом материале для получения надежной статистической оценки. По степени выветрелости все полевые шпаты были разделены на четыре условные группы: 1) совершенно свежие — площадь, занятая продуктами выветривания, составляет менее 1% площади зерен, 2) слабо выветрелые — соответственно до 25%, 3) средневыветрелые — до 50%, 4) сильновыветрелые — более 50%. Им соответственно были присвоены индексы-баллы: 0; 1; 2; 3.

Для каждой исследованной фракции выводился общий балл выветрелости путем деления суммы баллов выветрелости всех подсчитанных зерен на количество последних. Получаемый коэффициент не только позволяет сравнивать между собой относительную выветрелость различных зерен, но и дает достаточно точную абсолютную оценку средней степени их выветрелости.

В осадках разных участков течения Днепра и его притоков, а также в более древнем аллювии террас одни и те же типы полевых шпатов характеризуются неодинаковой степенью выветрелости (табл. 28), что можно использовать для целей местной корреляции. Установленные различия в степени выветрелости полевых шпатов не являются результатом седиментационных процессов, происходящих при образовании аллювия, а также последующего его диагенеза. Специальные исследования современного аллювия Среднего Днепра автором (Лазар-

¹ Рассел и Тэйлор исследовали 17 образцов из аллювия р. Миссисипи и 4 образца из аллювия ее крупных притоков. Оценка окатанности зерен производилась по пятибалльной шкале в шести размерных фракциях — от 35 до 200 меш (0,589—0,074 мм). Только во фракциях 150 и 200 меш (0,147—0,104 мм и 0,104—0,074 мм) наблюдалось некоторое увеличение степени окатанности частиц вниз по течению реки. Для более крупных обломков (0,589—0,208 мм), наоборот, имело место слабое уменьшение степени их окатанности.

Степень окатанности некоторых минералов в современных аллювиальных

Река, пункт	Фациальная обстановка	№ образца	Осадок	Фрак	
				Кварц	Полевые шпаты (общее)
Днепр у Днепрово-Каменки	Стрежень русла	852	Песок с/з—к/з ($Md=0,51$ мм, $S_o=1,51$)	2,18 (187)	2,58 (22)
	Русловая отмель	623	Песок м/з ($Md=0,15$ мм, $S_o=1,15$)	2,13 (166)	2,42 (13)
	Занленная русловая отмель	622	Алеврит глинистый ($Md=0,010$ мм, $S_o=3,03$)	1,88 (202)	2,20 (20)
	Приречная пойма	907	Алеврит ($Md=0,02$ мм, $S_o=2,51$)	1,97 (196)	2,37 (27)
	Старица	930	Ил мелкопесчаный ($Md=0,12$ мм, $S_o=4,95$)	2,06 (166)	2,45 (20)
	Среднее			2,04 (917)	2,40 (102)
Десна у Чернигова	Стрежень русла	1045	Песок с/з—м/з, с крупным гравием ($Md=0,33$ мм, $S_o=1,50$)	2,03 (154)	2,37 (19)
	Русловая отмель	675	Песок м/з ($Md=0,15$ мм, $S_o=1,20$)	2,07 (164)	2,45 (9)
	Занленная русловая отмель	678	Алеврит ($Md=0,03$ мм, $S_o=1,66$)	2,02 (169)	2,38 (8)
	Приречная пойма	1038	Алеврит ($Md=0,03$ мм, $S_o=1,94$)	2,03 (160)	2,31 (13)
	Старица	954	Ил глинисто-алевритовый ($Md=0,013$ мм, $S_o=4,16$)	1,98 (160)	2,4 (5)
	Среднее			2,03 (807)	2,38 (54)
Ока у Спасска-Рязанского	Русловая отмель	702	Песок с/з ($Md=0,27$ мм, $S_o=1,24$)	2,26 (194)	2,53 (15)
	Занленная русловая отмель	704	Песок м/з, занленный ($Md=0,15$ мм, $S_o=1,78$)	2,10 (155)	2,40 (20)
	Приречная пойма	720	Пелит ($Md=0,007$ мм, $S_o=3,39$)	2,07 (164)	2,22 (23)
	Старица	738а	Ил глинистый ($Md=0,007$ мм, $S_o=4,93$)	1,96 (169)	2,34 (9)
		Среднее			2,09 (682)

Примечание. Цифры в скобках обозначают количество исследованных минеральных зерен

ренко, 1961_{1,2}) показали, что при транспортировке обломочного влекомого материала механическое разрушение и химическое выветривание полевых шпатов и, очевидно, других минералов играет подчиненную роль, затушевываясь влиянием других факторов, и не может привести к заметному изменению минерального состава аллювия в сторону его мономинеральности.

Степень выветрелости полевых шпатов в аллювии целиком определяется характером исходных материнских пород, относительная роль которых изменяется в пространстве и во времени. Тип и длительность выветривания материнских пород обуславливают степень выветрелости содержащихся в них зерен полевых шпатов, а также других минералов, которую можно устанавливать статистически.

В аллювии Днепра, как в современных осадках, так и в отложениях четвертичных террас, наблюдается следующая последовательность степени выветрелости полевых шпатов: лабрадор < андезин < микроклин < альбит < олигоклаз < ортоклаз. Этот порядок четко выдерживается для всех размерных фракций.

Обычно считается, что в условиях гипергенеза основные и средние плагиоклазы подвергаются наиболее энергичному выветриванию. Тот факт, что в аллювии Днепра средние и основные плагиоклазы менее выветрелые, чем кислые, а последние в общем менее выветрелые, чем

осадках (по пятибалльной визуальной шкале Л. Б. Рухина, 1961)

Фракция 0,21—0,16 мм				Фракция 0,063—0,05 мм				
Ильменит	Турмалин	Роговая обманка	Гранат	Кварц	Ортоклаз и микроклин	Плагиоклазы	Полевые шпаты (общее)	Глаукоцит
3,06 (50)	2,95 (20)	2,2 (6)	2,03 (31)	1,46 (226)	1,44 (45)	?	1,44 (45)	?
3,17 (18)	3,00 (29)	2,0 (7)	2,11 (18)	1,56 (160)	1,50 (34)	1,7 (7)	1,54 (41)	?
3,17 (6)	3,00 (2)	?	2,0 (5)	1,52 (189)	1,43 (42)	1,6 (7)	1,45 (49)	2,5 (2)
3,2 (5)	3,1 (9)	2,00 (13)	1,5 (4)	1,48 (200)	1,49 (57)	2,2 (4)	1,54 (61)	1,7 (4)
2,98 (51)	3,1 (10)	2,21 (14)	1,95 (43)	1,56 (157)	1,56 (45)	1,8 (4)	1,57 (49)	2,7 (3)
3,04 (130)	3,02 (70)	2,10 (40)	1,99 (101)	1,51 (932)	1,48 (223)	1,77 (22)	1,51 (245)	2,2 (19)
3,06 (99)	2,90 (18)	2,13 (22)	1,81 (70)	1,67 (199)	1,68 (41)	?	1,68 (41)	2,1 (8)
2,95 (23)	3,00 (23)	2,03 (30)	1,53 (19)	1,52 (161)	1,52 (52)	1,4 (5)	1,51 (57)	2,04 (23)
3,07 (13)	3,14 (14)	2,5 (6)	1,8 (9)	1,54 (165)	1,60 (40)	1,9 (10)	1,66 (50)	2,2 (6)
3,05 (160)	3,08 (26)	2,35 (23)	1,84 (124)	1,54 (203)	1,52 (39)	2,0 (4)	1,56 (43)	2,18 (11)
?	?	?	1,5 (2)	1,58 (186)	1,62 (34)	1,7 (3)	1,63 (37)	2,0 (2)
3,05 (295)	3,03 (81)	2,18 (81)	1,80 (224)	1,57 (914)	1,58 (206)	1,77 (22)	1,60 (228)	2,10 (50)
2,92 (52)	2,95 (20)	2,32 (63)	1,70 (64)	1,57 (209)	1,60 (57)	1,3 (3)	1,59 (60)	2,0 (8)
2,92 (59)	3,00 (19)	2,39 (36)	1,86 (72)	1,60 (174)	1,57 (44)	2,2 (5)	1,63 (49)	2,3 (3)
?	?	?	?	1,59 (181)	1,43 (49)	1,0 (2)	1,41 (51)	1,8 (4)
2,96 (25)	3,10 (29)	2,39 (31)	1,81 (21)	1,61 (202)	1,53 (63)	?	1,53 (63)	2,0 (8)
2,92 (136)	3,04 (68)	2,35 (130)	1,79 (157)	1,59 (766)	1,53 (213)	1,7 (10)	1,54 (223)	2,00 (23)

Таблица 28

Степень выветрелости¹ полевых шпатов

Типы полевых шпатов	Современный аллювий								Аллювий террас Среднего Днепра					
	Верхний Днепр	Средний Днепр	Нижний Днепр	Днепр (общее)	Везелина и Сож	Припять и Десна	Огёр, Трубсж, Сулой, Удай	Сула, Хорол, Пейл, Ворекла, Орель, Самара	Ирпень, Рось, Тясмин	VIII и VII террасы	V терраса (Кременчугская ГЭС)	IV терраса (Кременчугская ГЭС)	II терраса (Кременчугская ГЭС)	II терраса (Днепродзержинская ГЭС)
Ортоклаз	1,65	1,6	1,8	1,7	1,65	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,5	1,5	1,5	1,6
Микроклин	1,2	1,2	1,4	1,2	1,3	1,05	1,0	1,0	1,0	0,7	1,0	1,0	1,0	1,0
Плагиоклазы (общее)	1,5	1,5	1,6	1,6	1,4	1,2	1,3	1,65	1,65	—	1,1	1,2	1,1	—
Количество подсчитанных зерен	692	584	207	1483	220	287	152	376	95	25	219	417	405	65

¹ Значение цифровых индексов выветрелости см. в тексте.

калиевые полевые шпаты (представленные главным образом ортоклазом), не противоречит данному положению. Это становится понятным при сравнении степени выветрелости и окатанности полевых шпатов. В современном аллювии Днепра наблюдается следующая последовательность в отношении степени окатанности зерен различных плагиоклазов (цифрами обозначен процент хорошо окатанных зерен от общего их количества): альбит (61%) > олигоклаз (42%) > андезин (38%) > лабрадор (12,5%).

Наименьшая окатанность лабрадора свидетельствует о наиболее коротком пути переноса его в аллювий — в основном с Украинского щита (из бассейна р. Тетерева). Более окатанный андезин поступает главным образом с севера — из четвертичных отложений ледникового комплекса. Лабрадор является более «молодым» минералом в аллювии, чем андезин, однако имеет большую степень выветрелости. Лабрадор и андезин поступили в аллювий либо непосредственно из древних кристаллических пород, не подвергавшихся ранее значительному химическому выветриванию, либо (большей частью) из продуктов разрушения их ледником и другими агентами, действовавшими в четвертичном периоде. Во всяком случае длительность пребывания этих минералов в седиментационном цикле невелика.

Кислые плагиоклазы, судя по их большей окатанности, являются в целом более «старыми» обломочными минералами. Из них альбит оказывается устойчивее олигоклаза: он является более окатанным, но менее выветрелым.

Сходная, но несколько большая степень окатанности и выветрелости характерна в общем для калиевых полевых шпатов. Из них количественно преобладающий ортоклаз значительно уступает в устойчивости микроклину.

Кислые плагиоклазы и калиевые полевые шпаты поступили в аллювий частично из кристаллических пород, главным же образом — из четвертичных отложений ледникового комплекса и, кроме того, в значительной мере — из более древних осадочных пород. Эти последние подвергались в прошлом неоднократным переотложениям, в процессе которых почти все основные и средние плагиоклазы были разрушены, а калиевые полевые шпаты и часть кислых плагиоклазов сохранились. Поэтому относительная роль древних осадочных пород как источников питания оказывается наибольшей для калиевых полевых шпатов и кислых плагиоклазов по сравнению с другими плагиоклазами.

В аллювии Днепра имеется много минералов с характерными типоморфными особенностями, которые позволяют проследить данные минералы на большом расстоянии по течению реки и выяснить при этом характер их изменения: измельчение, окатанность, выветрелость, разбавление материалом из других источников и т. д.

Ниже приведены краткие сведения о типоморфных особенностях некоторых характерных минералов.

Циркон встречается в осадках в виде зерен следующих типов: 1) хорошо окатанные, 2) плохо окатанные неправильной формы, 3) плохо окатанные с правильными кристаллографическими очертаниями (обычно в виде призм, увенчанных пирамидами), 4) с зональным строением, 5) мутные, полупрозрачные зерна (подвергшиеся, очевидно, метамиктному распаду), 6) зерна розового цвета (часто зональные), 7) зерна буровато-желтого цвета и др.

Ставролит можно охарактеризовать следующими типичными особенностями: 1) с крупными пузырчатыми включениями (анизотропными и изотропными), 2) с мелкими точечными включениями углистого вещества, 3) без включений, 4) с хорошей спайностью, 5) бурого, темно-коричневого цвета, с малым количеством включений.

Для дистена характерны зерна: 1) с крупными пузырьчатыми включениями, 2) с мелкими углистыми включениями, 3) таблитчатые зерна без включений, 4) вытянутые призматические зерна с прямым погасанием и относительно высокой интерференционной окраской, 5) изогнутые кристаллы с волнистым погасанием. Два последних типа встречаются редко.

Силлиманит встречается почти исключительно в виде окатанных бесцветных зерен с хорошо выраженной спайностью по (010). Однако изредка встречаются следующие типичные его разновидности: 1) с включениями (кварц и др.), 2) изогнутой формы, с волнистым погасанием, 3) плеохроирующие зерна розового и буроватого цвета.

Для граната, кроме обычных бесцветных зерен без включений, отмечают: 1) выветрелые, 2) переполненные различными включениями (пластинчатые, игольчатые, пузырьки жидкости), 3) с гранями нарастания, 4) красного и коричневого цвета, 5) темно-зеленого цвета (обычно хорошо окатанные), 6) с зональным строением (аномально-анизотропные) и др.

Эпидот встречается в виде хорошо окатанных и неправильной формы зерен различной степени выветрелости. Изредка попадаются очень характерные разновидности эпидота: 1) со спайностью, 2) с пузырьчатыми включениями, 3) с двойниками.

Целый ряд типоморфных особенностей можно отметить также для турмалина, роговой обманки, рутила, кварца, полевых шпатов и других минералов. Многие из этих особенностей фиксировались на массовом материале (попутно с подсчетом количества минеральных зерен в тяжелой и легкой фракциях) и могут быть охарактеризованы статистически.

Подробное изложение материала по типоморфным особенностям минералов аллювия Днепра и его притоков заняло бы много места. Поэтому, учитывая целевое назначение работы, придется здесь ограничиться по этому поводу лишь самыми краткими замечаниями.

Характер изменения различных типоморфных признаков минералов вниз по течению Днепра неодинаков. Так, в этом направлении вполне определенно увеличивается относительное количество выветрелых, окатанных и содержащих включения зерен граната, зерен ставролита с хорошо выраженной спайностью, а также неокатанных разновидностей циркона. С другой стороны, увеличивается содержание силлиманита с включениями, эпидота с хорошо выраженной спайностью. На одном уровне остается относительное количество розового и красного граната, а также выветрелых разновидностей циркона, ставролита и роговой обманки. Некоторые типоморфные разновидности минералов обнаруживают более сложную зависимость в изменении их содержания вниз по течению Днепра. Так, относительное содержание зеленой роговой обманки, хорошо окатанных и выветрелых зерен эпидота сперва уменьшается, а потом несколько возрастает. Обратную тенденцию изменения имеет содержание розового циркона и зеленого граната. Своеобразен характер распределения типов обломочного кварца, изученных по известной методике Г. Г. Леммлейна и В. С. Князева (1951). Из выделяемых этими авторами восьми типов обломочного кварца в аллювии преобладает полупрозрачный (43—50%). Затем следуют (в порядке убывания): кварц с пластинчатыми и изометрическими включениями (12—23%), прозрачный без включений (10—19%), трещиноватый (8—16%), с игольчатыми включениями (4—9%), непрозрачный (1,5—4,4%), опалесцирующий (0,5—1%), регенерированный (до 0,5%)¹.

¹ Можно выделить еще и другие характерные типоморфные разновидности кварцевых зерен: 1) с хорошо выраженной псевдоспайностью (0,5—1%), 2) катаклазированные зерна с « мозаичным » и волнистым погасанием в скрещенных николях (2—4%), 3) с мелкими пузырьчатыми включениями в виде полос и др.

Вниз по течению Днепра в аллювии увеличивается содержание непрозрачных, трещиноватых и опалесцирующих зерен кварца за счет уменьшения количества кварцевых зерен с пластинчатыми и изометрическими включениями.

Указанные терригенно-минералогические данные можно использовать для целей местной корреляции и стратиграфического расчленения. Так, в бассейне Среднего Днепра (вероятно, также выше и ниже по течению) аллювий поймы и более высоких четвертичных террас резко отличается по минеральному составу от третичных отложений, в том числе от неогенового аллювия. Для последних характерен исключительно мономинеральный состав (до 97—99% кварца), малое количество полевых шпатов (обычно представленных только ортоклазом и микроклином), а также большая роль в тяжелой фракции силлиманита, дистена, турмалина. Четвертичные аллювиальные отложения отличаются относительно высоким содержанием роговой обманки, граната, наличием пироксенов, средних и основных плагиоклазов и др. Эти отличия обусловлены общностью источников питания четвертичного аллювия системы Днепра, представленных главным образом отложениями ледниково-лессового комплекса.

В ряде случаев исследование минерального состава некоторых проблематических отложений, связанных с проявлениями гляциотектоники на Среднем Днестре, позволяет определенно отнести их либо к третичным, либо к четвертичным. В качестве одного из таких примеров можно привести известную гору Пивиху, относительно геологического строения которой, в частности генезиса и возраста залегающих на ней в виде аллохтонного блока белых песков, существуют самые противоречивые мнения. В специальной работе автора (А. А. Лазаренко, 1963₁) было показано, что пивихинские пески по минеральному составу чрезвычайно сходны с аллювием пятой (моренной) террасы Днепра, а также более молодых террас, развитых в этом районе. В результате был высказан более обоснованный, по мнению автора, взгляд относительно стратиграфии и генезиса отложений горы Пивихи в целом.

Другой пример — гора Калитва на левобережье Днепра близ устья р. Орели. Здесь также известны проявления гляциодислокаций, в результате которых отложения харьковского яруса (Pg₃), представленные зеленоватыми глауконитовыми песками и алевритами, оказались разбитыми на серию чешуйчатых структур и перемешанными с проблематическими белыми песками. Обычно считается (Дмитриев, 1955 и др.), что последние представляют собой отторженцы аллювия пятой террасы Днепра. Однако в результате изучения минерального состава белых аллохтонных песков горы Калитвы было установлено, что они имеют состав, весьма отличный от состава аллювия пятой террасы и сходный с составом отложений полтавской серии (N₁). В указанных песках содержится 96% кварца, 2,3% полевых шпатов (ортоклаз, микроклин), а в тяжелой фракции преобладают: силлиманит (32%), ильменит (15%), дистен (13%), турмалин (7%) и выветрелые зерна (7,5%). Содержание роговой обманки составляет всего 5,5%.

Что касается возможности стратиграфического расчленения аллювия четвертичных террас Днепра по терригенно-минералогическим данным, то здесь следует отметить большие трудности вследствие значительной однородности состава этих отложений. Это ставит под сомнение целесообразность таких корреляций, принимая во внимание трудоемкость минералогических анализов. Все же иногда достаточно большой объем терригенно-минералогических данных позволяет произвести ограниченные местные сопоставления. Такая работа была проделана автором в отношении аллювия четвертичных террас Днепра по створу плотины Кременчугского гидроузла (см. фиг. 1).

В результате детального исследования минерального состава 58 образцов по всему разрезу толщи аллювия выяснилось, что последняя четко разделяется на две части. К первой из них относятся низкие молодые террасы — пойменная (скв. 8788, 8855, 8003) и «боровая» (скв. 4460, 12115, 8837). К другой толще относится аллювий более высоких, покрытых лёссовидными суглинками террас — так называемой «черкасской» или четвертой (скв. 6744, 8000, 7213) и «яготинской» или пятой (скв. 5317, 12765)¹. По сравнению с аллювием последних отложения пойменной и боровой террас характеризуются существенно большим количеством пироксенов, амфиболов, андезина, слюд и др. Некоторые минералы (циркон, ставролит, слюды, глаукоцит, карбонаты, содержание тяжелой фракции в целом) имеют противоположный характер распределения по разрезам молодых и более древних террас.

В аллювии древних четвертичных террас, особенно пятой (скв. 12765), встречается много новообразований гидроокислов железа, пирита и карбонатов. Гидроокислы железа обычно покрывают поверхность терригенных зерен в виде пленок. Пирит имеет форму совершенно неокатанных рогулек и неправильных сростков, резко отличных от обычных окатанных и угловато-окатанных минеральных зерен. Пирит также покрывает поверхность черных рудных минералов мелкими блестящими точечками. Аутигенные карбонаты представлены обычно кальцитом в виде совершенно неокатанных ромбоэдров, а также неправильных лапчатых зерен.

Иногда подобные типоморфные особенности минералов позволяют выявить ряд интересных деталей в строении аллювиальной толщи. Особенно показательным в этом отношении является магнетит. Обычно в аллювии он представлен черными, почти невыветрелыми зернами, содержание которых составляет 2—3% в тяжелой фракции. Однако в основании и средней части разреза пятой террасы (скв. 12765) содержание магнетита резко возрастает до 8—11%, причем изменяется также габитус его зерен. Последние имеют вид мало окатанных пластинок бурого и красного цвета (вероятно, частично окисленных и перешедших в мартит). Точно такое же количественное содержание магнетита (11%) при полном сходстве габитуса зерен наблюдается и в пачке грубозернистого аллювия в основании пойменной террасы, вскрытой скв. 8788. Это дает основание полагать, что отмеченная пачка грубозернистого аллювия, очевидно, представляет собой реликт аллювия пятой террасы, уцелевший от последующих размывов в узком желобе скального цоколя, сложенного гранитами (см. фиг. 1).

Распределение тяжелой фракции

Целый ряд минералов в аллювии имеет большое практическое значение. Это относится прежде всего к наиболее тяжелым минералам — золоту, платине, касситериту, шеелиту и другим, которые в аллювии рек горного типа образуют промышленные россыпи. Последние в аллювии собственно равнинных рек неизвестны. Из обычных, достаточно распространенных минералов в аллювии наибольшую практическую ценность представляют: циркон, ильменит, рутил, лейкоксен, брукит, анатаз, монацит и некоторые другие, составляющие иногда значительную часть тяжелой фракции. Россыпи этих минералов известны в самых различных отложениях, преимущественно морских. Наибольшие концентрации их достигаются в условиях волноприбойного отмучивания в береговой полосе крупных водоемов. В аллювии равнинных рек

¹ Автор придерживается взгляда об одновозрастности яготинской и черкасской террас.

Распределение тяжелой фракции ($d > 2,85$) в гранулометрическом

Размер фракций, мм	Обр. 1, песок с/з ($Md=0,34$ мм, $S_0=1,23$). Днепр у Киева				Обр. 17, песок с/з ($Md=0,32$ мм, $S_0=1,28$). Днепр у Канева				Обр. 63, песок м/з ($Md=0,19$ мм, $S_0=1,30$). Днепр у Днепродзержинска			
	Вес фракции, %	Содержание тяжелых минералов во фракции, вес. %	То же по отношению к общему весу породы	Общий вес тяжелых минералов в породе, %	Вес фракции, %	Содержание тяжелых минералов во фракции, вес. %	То же по отношению к общему весу породы	Общий вес тяжелых минералов в породе, %	Вес фракции, %	Содержание тяжелых минералов во фракции, вес. %	То же по отношению к общему весу породы	Общий вес тяжелых минералов в породе, %
2,5—1,6	—	—	—		0,08	—	—		—	—	—	
1,6—1,0	0,08	—	—		0,34	—	—		—	—	—	
1,0—0,63	4,57	0,12	0,005		4,82	0,04	0,002		0,01	—	—	
0,63—0,40	24,30	0,07	0,016		20,85	0,05	0,011		0,26	—	—	
0,40—0,315	28,53	0,05	0,015		25,91	0,05	0,013		2,30	< 0,01	Следы	
0,315—0,25	30,32	0,07	0,25	0,072	21,24	0,62	0,132	0,314	14,05	< 0,01	0,001	0,302
0,25—0,16	11,56	0,07	0,008		23,74	0,52	0,123		47,65	0,04	0,019	
0,16—0,10	0,20	1,60	0,003		2,74	3,06	0,008		31,43	0,34	0,107	
0,10—0,063	Следы	—	—		0,28	8,91	0,025		4,07	3,35	0,138	
0,063—0,05	»	—	—		Следы	—	—		0,14	18,15	0,025	
0,05—0,01	»	—	—		»	—	—		0,09	13,70	0,012	
< 0,01	0,44	—	—		»	—	—		Следы	—	—	

указанный фактор играет очень малую роль и в лучшем случае приводит к возникновению очень тонких прослоечков естественного шлиха. В русловых отложениях местные концентрации тяжелых минералов возникают также и по слоям косою слоистости, но они сильно разубожены основной массой осадков.

Условия концентрации тяжелых минералов в водном потоке, связь этой концентрации с вещественным составом аллювия, гидрологическим режимом русла и его морфологическими особенностями до сих пор еще недостаточно выяснены. Интересные экспериментальные данные о распределении в русловых осадках тяжелых минералов типа магнетита были получены И. Б. Вертцем (Wertz, 1949) и в последнее время Н. В. Разумихиным (1959). В результате этих исследований выяснилось, что наибольшая концентрация тяжелой фракции наблюдается в стрежневой зоне потока, особенно в центре плёсов, а также в головных частях и подвалах перекатов. В пределах отмелей-кос отмечается аккумуляция мелких частиц тяжелых минералов, вымываемых из крупнозернистых стрежневых осадков и переносимых во взвешенном состоянии. Тяжелые минералы обычно обогащают головные части отмелей, однако на участках регрессивного переформирования русла зоны обогащения тяжелыми минералами могут возникать и в хвостовых частях отмелей. Большую роль играет положение отмелей по отношению к основным путям миграции тяжелых минералов, а также способность последних переходить во взвешенное состояние, что зависит от их размера и веса. Вероятно, аналогичные зоны обогащения должны наблюдаться и в условиях природных русел.

Принимая во внимание низкое среднее содержание тяжелой фракции в аллювии рек типа Днепра, Десны и Оки, образующегося преимущественно за счет олигомиктовых источников сноса, следует полагать, что вероятность возникновения в таком аллювии промышленных

спектре аллювиальных песков (фа́ция русловых отmelей)

Обр. 69, песок м/з ($Md=0,20$ мм, $S_0=1,32$). Днепр ниже Херсона				Обр. 81, песок м/з ($Md=0,14$ мм, $S_0=1,28$). р. Псёл в с. Сорочинцы				Обр. 675, песок м/з ($Md=0,15$ мм, $S_0=1,20$). Десна у Чернигова				Обр. 702, песок с/з ($Md=0,27$ мм, $S_0=1,24$). Ока у Спасска-Рязанского			
Вес фракции, %	Содержание тяжелых минералов во фракции, вес. %	То же по отношению к общему весу породы	Общий вес тяжелых минералов в породе, %	Вес фракции, %	Содержание тяжелых минералов во фракции, вес. %	То же по отношению к общему весу породы	Общий вес тяжелых минералов в породе, %	Вес фракции, %	Содержание тяжелых минералов во фракции, вес. %	То же по отношению к общему весу породы	Общий вес тяжелых минералов в породе, %	Вес фракции, %	Содержание тяжелых минералов во фракции, вес. %	То же по отношению к общему весу породы	Общий вес тяжелых минералов в породе, %
0,02	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,06	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,19	—	—	—	Следы	—	—	—	—	—	—	—	0,34	—	—	—
4,73	<0,01	Следы	—	0,04	—	—	—	—	—	—	—	6,66	0,01	0,001	—
7,44	0,01	0,001	—	0,24	—	—	—	Следы	—	—	—	21,50	0,03	0,006	—
14,42	0,03	0,004	0,230	1,74	0,03	0,001	—	0,97	<0,01	Следы	—	28,97	0,10	0,029	—
43,18	0,10	0,045	—	33,57	0,08	0,027	0,540	40,98	0,05	0,020	0,46	36,13	0,19	0,063	—
19,53	0,35	0,69	—	44,55	0,35	0,157	—	52,83	0,55	0,290	—	6,12	0,31	0,019	—
5,86	0,54	0,032	—	16,69	1,07	0,178	—	3,82	2,47	0,094	—	0,20	2,41	0,005	—
1,01	2,78	0,028	—	1,73	4,83	0,084	—	0,93	3,50	0,033	—	0,08	4,16	0,003	—
1,29	3,96	0,051	—	0,86	5,40	0,093	—	0,47	4,18	0,020	—	Следы	—	—	—
1,07	?	?	—	0,58	?	?	—	Следы	—	—	—	»	—	—	—

россыпей очень мала, даже если учесть местные факторы обогащения (периодическое перемывание осадков на перекатах и в стрежневой зоне плесовых ложбин). Все же выявление некоторых общих закономерностей концентрации и фацеального распределения тяжелой фракции в отмеченных аллювиальных отложениях имеет не только научное, но и практическое значение, так как может внести вклад в разработку теории размещения россыпных аллювиальных месторождений. Данные о распределении тяжелых минералов в гранулометрическом спектре русловых песков Оки, Десны, Днепра и притока последнего — р. Псёл приведены в табл. 29. Здесь ясно видно, что с уменьшением размера фракций выход тяжелых минералов в них увеличивается, достигая наибольшей величины в мелкоалевритовой фракции (0,05—0,01 мм). Максимум общего содержания тяжелых минералов в песках обычно приходится на мелкопесчаную (0,25—0,10 мм) и крупноалевритовую (0,10—0,05 мм) фракции, а в образцах наиболее крупнозернистых песков — даже на фракцию 0,31—0,25 мм. Из табл. 29 можно видеть также, что исследованные образцы русловых песков Днепра вниз по течению становятся более мелкозернистыми, что вызывает смещение максимума общего содержания тяжелых минералов в более мелкие размерные фракции. В обр. 69 из аллювия устьевой части Днепра содержание тяжелых минералов равномерно растянуто в широком размерном интервале от 0,25 до 0,01 мм.

В работе Р. Д. Рассела (Russell, 1937) приведены данные о содержании тяжелых минералов во фракциях 100, 150 и 200 меш (0,208—0,104—0,074 мм) из 62 образцов руслового аллювия р. Миссисипи, отобранных на расстоянии 1730 км от г. Каира до устья. В подавляющем большинстве случаев выход тяжелых минералов в песчаных осадках возрастает с уменьшением размера их частиц. Поскольку образцы, анализированные Расселом, отличаются большой пестротой гранулометрического состава, постольку содержание тяжелой фракции

в них сильно варьирует, даже если расстояние между местами отбора образцов было небольшим. Все же в аллювии наблюдается некоторое увеличение содержания тяжелой фракции вниз по течению. Это становится особенно заметным, если усреднить данные Рассела в пределах сходных по величине отрезков Миссисипи. Так, во фракции 200 меш (0,104—0,074 мм) обнаруживается резкое увеличение (почти в два раза) содержания тяжелых минералов в пределах самого нижнего участка течения реки длиной около 500 км. С другой стороны, во фракции 100 меш (0,208—0,147 мм) содержание тяжелых минералов на указанном нижнем участке течения Миссисипи понижается более чем в три раза.

Итак, приведенные данные свидетельствуют о том, что вниз по течению реки максимум общего содержания тяжелых минералов в песчаных русловых осадках смещается во все более мелкие размерные фракции, первоначально отличающиеся наибольшим относительным выходом тяжелых минералов. По-видимому, это характерно не только для аллювия Днепра и Миссисипи, но и для многих других рек. Механизм указанного явления связан с сортировкой наносов не только по размеру частиц, которые явно преобладают, но и по их удельному весу. В общем это можно представить себе в виде следующей умозрительной схемы. Когда поток гидродинамически активен, он может переносить во взвешенном состоянии, по крайней мере в половодье, смесь наибольшего количества тяжелых и породообразующих легких минералов, не говоря уже о самых тонкозернистых частицах, транспортируемых всегда в виде взвесей. При уменьшении скорости потока до предела, при котором величина гидравлического диаметра некоторых частиц уже не позволяет им находиться во взвешенном состоянии, определенная размерная фракция вступает в цикл отмучивания. Сперва из нее выпадают в осадок наиболее тяжелые компоненты, а затем начинается сортировка влечением основной, породообразующей массы фракции и постепенное разубоживание ее вниз по течению. При дальнейшем снижении скорости потока из взвесей вступают в сферу отмучивания все более мелкие размерные фракции. А когда очередь доходит до наиболее тонких фракций, в целом обедненных с самого начала тяжелыми минералами, начинается общее разубоживание всего аллювия. Однако в действительности значительная масса тяжелых минералов аллювия, связанная преимущественно с крупноалевритовыми наносами, все же поступает в осадки конечных водоемов стока. В этих осадках при соответствующих благоприятных условиях волноприбойного отмучивания могут возникать крупные прибрежно-морские россыпи тяжелых минералов.

В целом по отношению к продольному профилю реки положение участков с наибольшей концентрацией тяжелых минералов в аллювии недостаточно ясно. По-видимому, оно определяется в каждом случае конкретным сочетанием таких факторов, как гидродинамический режим реки, характер взвешенных и влекомых наносов, а также тип распределения тяжелой фракции в гранулометрическом спектре исходных пород и образовавшихся из них аллювиальных наносов.

В фаціальном профиле современных аллювиальных осадков содержание тяжелой фракции определяется главным образом их гранулометрическим составом, что можно видеть из табл. 25 и 26. Так, во фракции 0,21—0,16 мм выход тяжелых минералов для осадков всех фаций довольно близок и составляет в среднем 0,15—0,20%. Во фракции 0,063—0,05 мм особенно резких отличий в содержании тяжелых минералов также нет (0,9—1,6%), однако наблюдается заметное обогащение ими русловых песков Десны и Оки (до 4,2—4,6%). Сходные данные приведены в работе В. Е. Рясиной (1961) по современному аллю-

вию Волги (фиг. 77). Эти данные показывают, что содержание тяжелых минералов во фракции 0,25—0,1 мм и 0,1—0,05 мм практически одинаково для русловых и пойменных осадков¹.

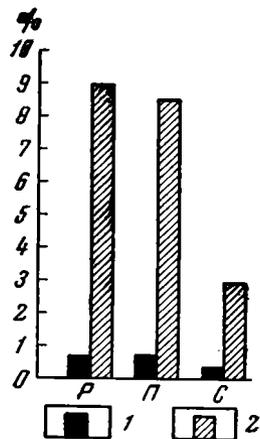
В разрезах древнего погребенного аллювия четвертичных террас, вскрытых по створу плотины Кременчугского гидроузла (см. фиг. 1), выход тяжелых минералов во фракции 0,25—0,01 мм колеблется от 1,11 до 0,17%, составляя в среднем 0,3—0,4%. По сравнению с аллювием поймы аллювий надпойменных террас имеет более мелкозернистый состав и в целом более обогащен тяжелыми минералами. Как правило, наибольший выход тяжелой фракции отмечается в кровле аллювия надпойменных террас (в крупных алевритах), к низу он уменьшается, достигая минимума в средней части разреза аллювиальной толщи или несколько выше его подошвы, а затем немного повышается в разнозернистых песках в подошве аллювия. В разрезах отложений пойменной террасы наибольшее содержание тяжелой фракции (0,51—0,65%) наблюдается несколько выше подошвы этих отложений. В целом для аллювия всех террас прямой корреляции между гранулометрическим составом отложений и выходом в последних тяжелой фракции нет, так как иногда мелкозернистые пески в кровле аллювия содержат большее количество тяжелой фракции, чем разнозернистые с гравием и галькой пески в его подошве (например, в скв. 8837).

К сожалению, в моем распоряжении еще нет данных о содержании тяжелой фракции во всей массе осадков из различных фациальных обстановок. Однако, учитывая характер распределения тяжелых минералов в гранулометрическом спектре осадков (тенденция к концентрации в алевритовой фракции) и очень сходное содержание их в русловых и пойменных осадках одинаковой размерности, следует полагать, что в общей массе аллювия содержание тяжелой фракции должно быть наибольшим в крупноалевритовых осадках, тяготеющих к руслу. Особенно большим развитием этих осадков отличаются фации приречной поймы и прирусловых валов, в которых может быть наибольшее абсолютное содержание тяжелых минералов. Однако вряд ли возможно возникновение в этих фациях достаточных по размеру и концентрации россыпей, так как для образования последних необходима интенсивная переработка аллювия турбулентным потоком, что в условиях отмеченных фациальных обстановок не наблюдается.

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ В АЛЛЮВИИ

Изучение глинистых минералов в аллювии Днестра, Десны и Оки преследовало главным образом две цели.

Во-первых, необходимо было выяснить, насколько влияет механическая дифференциация аллювия на распределение глинистых минералов



Фиг. 77. Содержание тяжелых минералов в аллювии Волги (по Ярасиной).

1 — фракция 0,25—0,1 мм;
2 — фракция 0,1—0,05 мм.
Аллювий: P — русловый, П — пойменный, С — старичный

¹ Выход тяжелых минералов во фракции 0,1—0,05 мм из старичных осадков Волги почти в три раза меньше по сравнению с содержанием тяжелых минералов в русловом и пойменном аллювии. Это, вероятно, объясняется существенной сортировкой старичных осадков по удельному весу частиц или же меньшей достоверностью данных по этим осадкам.

в различных фациях и литогенетических типах осадков. Некоторые указания на этот счет имеются в литературе (Ряпина, 1961).

Во-вторых, надо было проверить, происходит ли переработка исходного глинистого материала в современных аллювиальных осадках, и если происходит, то в каком направлении. В настоящее время факт переработки глинистого вещества в современных осадках морских и внутриконтинентальных водоемов обычного типа с достаточным основанием отрицается (Weaver, 1958; Страхов, 1960, и др.). Аллювиальные же осадки образуются в более широком диапазоне физико-химических условий. Так, в некоторых луговых и болотных почвах, а также торфяниках рН осадков опускается нередко до 4,5—5, что может вызывать заметное стадийное изменение целого ряда минеральных фаз. Следовательно, возможность переработки глинистых и других минералов в аллювиальных осадках принципиально выше, чем в осадках обычных водоемов, где рН среды очень близко к нейтральному.

Состав глинистых минералов изучался автором во фракции $<0,001$ мм, выделенной из осадков всех главных фаций аллювия Днестра, Десны и Оки. Диагностика минерального состава фракции $<0,001$ мм была очень затруднена вследствие ее разнородности и большого содержания в ней органического вещества (до 5—10% и более). Органическое вещество предварительно удалялось длительной обработкой (2—3 недели) 30%-ной H_2O_2 . Время обработки контролировалось визуально (до исчезновения темной окраски) для каждого образца и выборочно, с помощью кривых нагревания (до исчезновения соответствующего экзозффекта при 300—350°).

В результате применения комплекса современных методов исследования выяснилось, что состав фракции $<0,001$ мм из различных фаций и типов аллювия очень сходен. Преобладающим компонентом во фракции $<0,001$ мм является гидрослюда. В меньшем количестве содержатся: монтмориллонит, каолинит, кварц, смешанно-слоистые глинистые образования, хлорит (?), галлуазит, сепиолит (?), кальцит, сидерит, пирит, гидроокислы железа и др.

Оптическая характеристика ориентировочных глинистых агрегатов следующая (табл. 30): $Ng' = 1,583—1,559$ (чаще 1,577—1,572); $Np' = 1,559—1,548$ (чаще 1,553—1,550); $Ng - Np = 0,029—0,021$ (чаще 0,023—0,022). Агрегаты имеют форму удлиненных чешуек с ровными параллельными краями. В некоторых случаях светопреломление агрегатов сильно повышается вследствие увеличения содержания в них тонко рассеянного железистого пигмента (например, в обр. 916 из старичного ила $Ng' = 1,664$, $Np' = 1,643$). В общем оптические свойства агрегатов свойственны для гидрослуд.

Характер окрашивания фракции $<0,001$ мм органическими красителями также говорит в пользу гидрослуды (иногда с примесью монтмориллонита). Метиленовый голубой (0,001%-ный раствор) окрашивает глинистую фракцию в фиолетово-синий и синий цвета. Добавка двух-трех капель насыщенного раствора KCl вызывает изменение окраски на голубовато-синюю, голубую, зеленовато-голубую. Иногда это сопровождается разбуханием суспензии. Насыщенный раствор солянокислого бензидаина дает зеленовато-серую, синевато-серую и темно-синюю окраски суспензии, а 0,01%-ный раствор хризоидина — коричневую, желтовато-коричневую, иногда красно-коричневую окраску. При окрашивании метил-виолетом (0,001%-ный раствор, подкисленный HCl) суспензия сильно разбухает и окрашивается в фиолетовый, фиолетово-серый и, редко, в голубовато-синий цвета.

Химические анализы фракции $<0,001$ мм приведены в табл. 31. Здесь обращает внимание то, что содержание Al_2O_3 и K_2O в ней явно понижено по сравнению с содержанием типичных гидрослуд,

Оптическая характеристика ориентированных агрегатов (фракция < 0,001 мм)

Река, пункт	Фациальная обстановка	№ образца	Осадок	Ng'	Np'	$Ng' - Np'$
Днепр в районе Днепрово-Каменки	Русловая отмель	884	Песок м/з	$1,577 \pm 0,002$	$1,553 \pm 0,002$	$0,024 \pm 0,002$
	Зайленная русловая отмель	622	Алеврит	$1,574 \pm 0,001$	$1,552 \pm 0,002$	$0,022 \pm 0,002$
	Приречная пойма	903	Песок м/з	$1,575 \pm 0,002$	$1,552 \pm 0,002$	$0,023 \pm 0,002$
	Внутренняя пойма	637	Алеврит	$1,574 \pm 0,001$	$1,551 \pm 0,001$	$0,023 \pm 0,001$
	Старица	1209	»	$1,571 \pm 0,002$	$1,548 \pm 0,002$	$0,023 \pm 0,002$
Десна в районе Чернигова	Русловая отмель	1049	Песок м/з	$1,578 \pm 0,001$	$1,556 \pm 0,001$	$0,022 \pm 0,001$
	Зайленная русловая отмель	678	Алеврит	$1,569 \pm 0,001$	$1,548 \pm 0,001$	$0,021 \pm 0,001$
	Приречная пойма	1036	То же	$1,572 \pm 0,001$	$1,550 \pm 0,001$	$0,022 \pm 0,001$
	Внутренняя пойма	694а	» »	$1,580 \pm 0,002$	$1,554 \pm 0,001$	$0,026 \pm 0,002$
	То же	1015	» »	$1,579 \pm 0,001$	$1,553 \pm 0,001$	$0,026 \pm 0,001$
	Старица	1041	» »	$1,572 \pm 0,001$	$1,550 \pm 0,001$	$0,022 \pm 0,001$
	То же	976	» »	$1,581 \pm 0,002$	$1,559 \pm 0,002$	$0,022 \pm 0,002$
	Болотные отложения	1021	Пелит	$1,571 \pm 0,002$	$1,548 \pm 0,002$	$0,023 \pm 0,002$
Ока в районе Спасска-Рязанского	Русловая взвесь	М	Алеврит	$1,585 \pm 0,002$	$1,558 \pm 0,002$	$0,027 \pm 0,002$
	Зайленный плёс	1114	Пелит	$1,580 \pm 0,002$	$1,555 \pm 0,001$	$0,025 \pm 0,002$
	Приречная пойма	722	Алеврит	$1,583 \pm 0,001$	$1,555 \pm 0,002$	$0,028 \pm 0,001$
	Старица	738а	Пелит	$1,580 \pm 0,001$	$1,556 \pm 0,001$	$0,024 \pm 0,001$
	Старично-болотные отложения	741а	Алевропелит	$1,579 \pm 0,001$	$1,551 \pm 0,001$	$0,028 \pm 0,001$

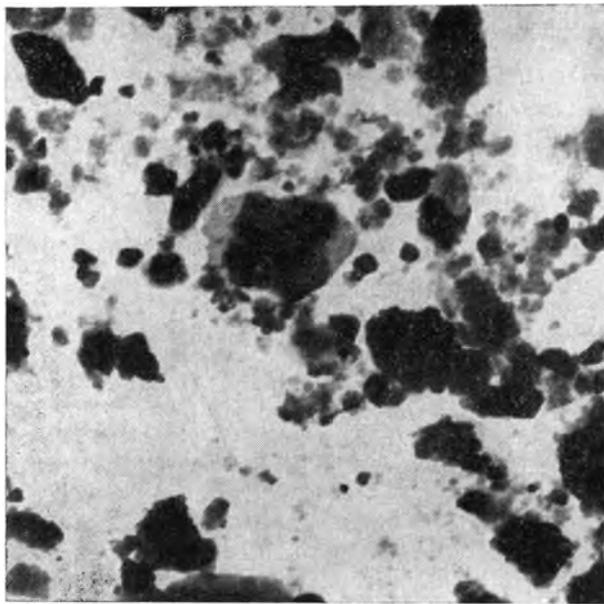
приводимым в методическом руководстве под редакцией М. Ф. Викуловой (1957) или в работах других авторов. Особенно это характерно для глинистой фракции из осадков Днепра и Десны. Содержание SiO_2 и Na_2O нормальное, а Fe_2O_3 несколько повышенное по сравнению с составом обычных гидрослюдов. Отношение молекулярных количеств SiO_2 к Al_2O_3 с учетом свободной SiO_2 (кварца) составляет 3,7—4,1 для осадков Оки и 4,7—5,3 для осадков Днепра и Десны. В общем преобладающий гидрослюдистый компонент фракции < 0,001 мм является существенно гидратированным, так как значительное количество калия в нем замещено оксонием.

Очень сходное содержание главных окислов приводится Е. В. Громовой (1953) для фракции < 0,001 мм из осадков дельты Дона: $SiO_2 = 44,5—46,3\%$, $Al_2O_3 = 16,0—16,6\%$, $Fe_2O_3 = 12,7—13,8\%$. Содержание других окислов (которые в наших образцах не определялись) составляет: $CaO = 1,22—1,17\%$, $MgO = 1,45—1,80\%$, $H_2O^- = 8,25—8,93\%$, $H_2O^+ = 7,36—7,40\%$.

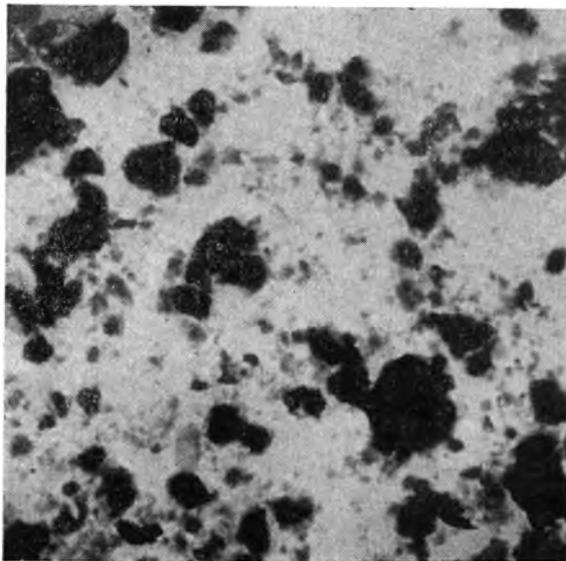
Электронно-микроскопическая диагностика основных компонентов фракции < 0,001 мм затруднена вследствие образования агрегатов из мелких глинистых частиц. Все же почти во всех случаях преобладающий гидрослюдистый состав фракции не вызывает сомнений. Гидрослюда обычно представлена малопрозрачными и наиболее крупными чешуйками. Монтмориллонит фиксируется в виде полупрозрачных хлопьевидных агрегатов неправильной формы. Каолинит в виде хорошо образованных псевдогексагональных пластинок встречается очень редко. Еще реже попадаются удлиненные трубчатые кристаллы галлуазита и тонкие игольчатые кристаллы магнезиального силиката типа сепиолита. Изредка встречаются также хорошо ограненные кубики

Химический состав фракции $<0,001 \text{ м.м}$ (обработана H_2O_2)

Река, пункт	Фациальная обстановка	№ образца	Осадок	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	Na_2O	K_2O	Дисперсный кварц	$\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$ (без кварца)
Днепр у Днепрово- Каменки	Приречная пойма	903	Песок м/з	47,59	0,73	17,18	11,37	0,34	1,75	4,44	4,67
	Внутренняя пойма	637	Алеврит	48,90	0,71	15,93	10,82	0,22	0,88	2,80	4,91
	Старица	1209	»	46,78	0,65	14,45	7,60	0,49	2,40	4,30	4,98
	Среднее (по 8 образцам)			—	—	—	—	0,29	1,56	—	—
Десна в районе Чернигова	Русловая отмель	1049	Песок м/з	48,37	0,70	16,50	11,05	0,27	1,78	1,58	4,94
	Внутренняя пойма	1015	Алеврит	50,40	0,77	17,31	9,59	0,23	1,02	0,54	4,90
	Старица	976	»	48,21	0,77	15,38	10,65	0,27	1,81	Нет	5,32
	Среднее (по 17 образцам)			—	—	—	—	0,295	1,28	—	—
Ока в районе Спасска- Рязанского	Заиленный плёс	1114	Пелит	46,87	0,75	18,04	9,49	0,31	1,75	5,10	3,94
	Приречная пойма	722	»	45,92	0,77	18,72	10,14	0,22	1,80	3,32	3,86
	Старица	738а	»	48,59	0,78	19,35	10,63	0,23	1,72	2,04	4,09
	Старично-болотные отложения	741а	Алевро-пелит	45,03	0,78	18,88	9,11	0,22	1,64	3 51	3,74
	Среднее (по 11 образцам)			—	—	—	—	0,26	1,86	—	—



Фиг. 78. Электронно-микроскопический снимок старичного ила из аллювия Днепра (обр. 930). Видны крупные полупрозрачные листочки гидрослюды. Увел. 10 000



Фиг. 79. Электронно-микроскопический снимок фракции $<0,001$ м.м из приречно-пойменных осадков Днепра (обр. 904). Видно преобладание гидрослюды. Увел. 10 000

пирита. Во фракции, не обработанной H_2O_2 , наблюдается масса органики в виде обломков с характерной сетчатой структурой, а также бактерий и др. Типичные электронно-микроскопические снимки приведены на фиг. 78—83.

Большинство кривых нагревания глинистой фракции сходно между собой и имеет достаточно типичную для гидрослюд форму (фиг. 84—86)¹. Это подтверждается двумя эндотермическими эффектами — в области температур 90—150° и 500—600°. Второй из этих эффектов, связанный с потерей гидроксильных ионов в кристаллической решетке и частичным изменением ее структуры, обычно превосходит по амплитуде первый эффект, связанный с потерей гигроскопической и межслойной воды.

Почти на всех термограммах виден небольшой экзоэффект при 890—930° (редко ниже), обусловленный перекристаллизацией продуктов разрушения кристаллической структуры преобладающих глинистых минералов. В некоторых образцах (637, 622 — на фиг. 84; 741a — на фиг. 86 и др.) этот экзоэффект усиливается за счет примеси каолинита, что подтверждается рентгеноструктурными данными.

Из других температурных эффектов можно отметить ряд небольших эндотермических остановок в области 180—205°, что, вероятно всего, связано с обезвоживанием коллоидных соединений SiO_2 , Fe_2O_3 и др. Образцы, в которых указанный эндоэффект хорошо выражен, обычно сильно окрашены железистым пигментом в коричнево-красный цвет (после обработки H_2O_2).

На некоторых термограммах намечается эндоэффект при 225—245°. Особенно четко он выражен в обр. 1209 (фиг. 84). Указанный эффект можно связать с примесью гидратов железа (на дебаеграмме обр. 1209 обнаружены линии лепидокрокита), малое содержание которых, по видимому, сильно понижает температуру их распада по сравнению с обычной. Этот эффект может быть также обязан наличию адсорбированных катионов K , Na и особенно Ca .

Экзоэффекты в области температур 300—360° обусловлены окислением органики, уцелевшей после обработки образцов H_2O_2 . Контрольные термограммы образцов без обработки H_2O_2 дают очень сильные и резкие экзоэффекты с максимумом при 350—360°.

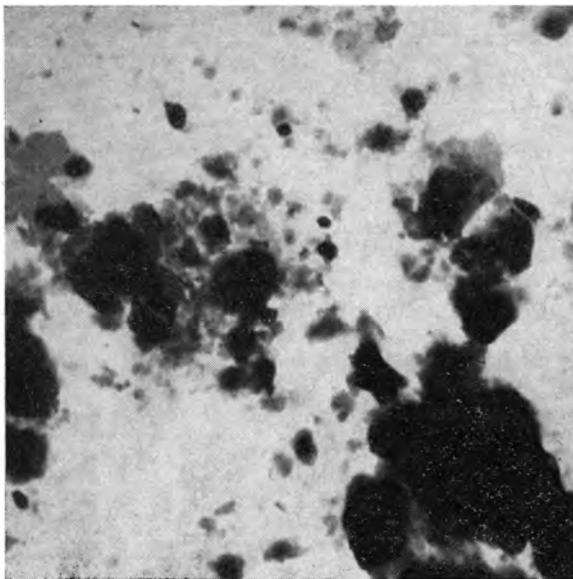
Далее следует отметить экзоэффект при 420—520°, связанный с окислением пирита и других сульфидов железа. Этот эффект выражен на термограммах то в виде резкого пика, то в виде более плавного изгиба с седловиной посередине, иногда же он едва заметен. Как указывают А. И. Цветков и Е. П. Вальяшихина (1958), экзотермический эффект окисления пирита (400—500°) проявляется очень отчетливо даже при его содержании до 0,2% и менее.

В обр. 976 (фиг. 85) наблюдаются две одинаковые эндотермические остановки с максимумами в 480 и 590°. Это, очевидно, обусловлено наложением экзотермического эффекта окисления сульфидов железа на эндотермический эффект потери OH -ионов в кристаллической решетке глинистых минералов.

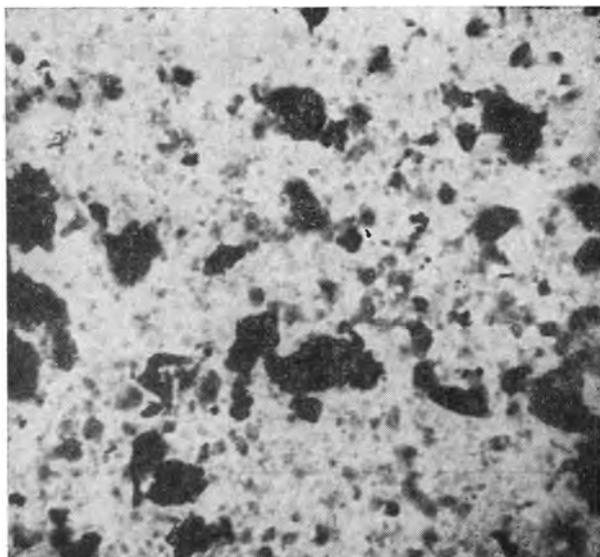
Иногда непосредственно перед экзоэффектом 890—930° наблюдается слабо выраженная эндотермическая остановка в области температур 820—870°, связанная с окончательной дегидратацией глинистых минералов (гидрослюда, монтмориллонит).

Особо следует отметить термограмму образца М (фиг. 86), на которой отчетливо виден эндотермический пик при 835°, соответствующий диссоциации кальцита. После указанного эффекта наблюдается сильное

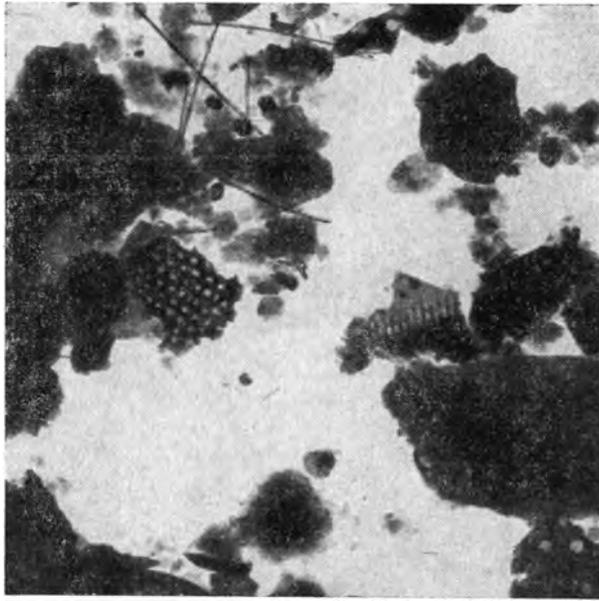
¹ Всего было снято 75 термограмм, из которых на фиг. 84—86 приведены наиболее типичные — по 10 для каждого типа аллювия.



Фиг. 80. Электронно-микроскопический снимок фракции $<0,001$ мм из песков прируслового вала р. Десны (обр. 1006). Наряду с преобладающим гидрослюдистым компонентом видны псевдогексагональные таблички каолинита. Увел. 10.000

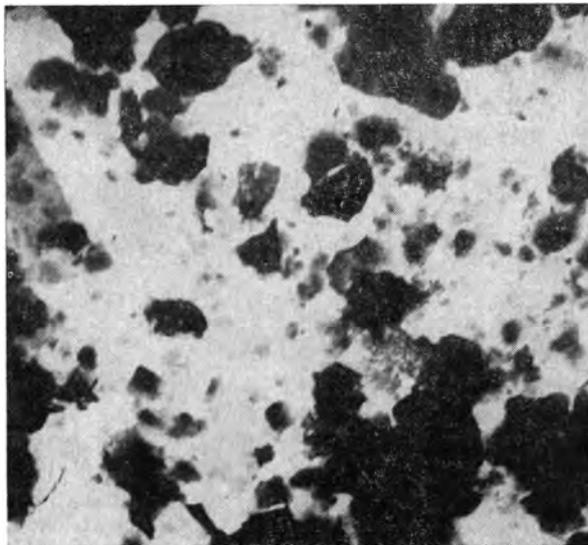


Фиг. 81. Электронно-микроскопический снимок старично-болотного пелита (аллювий р. Десны, обр. 1021). Преобладающая мелкодисперсная масса состоит из монтмориллонита и гидрослюды. Более крупные непрозрачные частицы представлены карбонатами (?) и органическими остатками. Увел. 10.000



Фиг. 82. Электронно-микроскопический снимок русловой взвеси р. Оки (обр. М).

Видны крупные пластинки гидрослюды, органики с клеточным строением, мелкие псевдогексагональные листочки каолинита и игольчатые кристаллики магнезиального силиката (сепнолита?). Увел. 10 000.



Фиг. 83. Электронно-микроскопический снимок приречно-пойменного алеврита из аллювия р. Оки (обр. 715). На фоне трудноразличимых агрегатов видны крупные полупрозрачные листочки гидрослюды
Увел. 10 000

повышение уровня дифференциальной кривой нагревания, что является обычным для смесей глинистых минералов и карбонатов. Присутствие значительного количества кальцита и небольшого количества пирита в образце М установлено также по дебаеграмме.

Приведенные данные, полученные с помощью различных методов исследования, свидетельствуют о сложном составе фракции $<0,001$ мм, в которой преобладающим компонентом является гидрослюда. Однако точно установить природу большинства минеральных фаз можно только с помощью рентгеноструктурного анализа при различных способах обработки глинистой фракции.

Из табл. 32—34, где приведены расчеты 14 дебаеграмм фракции $<0,001$ мм, видно, что состав и количественные соотношения минералов во всех исследованных образцах (за исключением образца М) очень сходны.

Наибольшей интенсивностью отличаются дифракционные линии гидрослюды. В образцах, насыщенных глицерином, базальный рефлекс (001), соответствующий межплоскостному расстоянию 9,7—10,2 Å, обычно является широким и размытым. После нагревания природных образцов при 550° этот рефлекс становится резко выраженным. Другие характерные базальные рефлексы гидрослюды с $\frac{d}{n} = 4,9—5,0 \text{ Å}$ (002) и 3,3 Å (003) после нагрева также усиливаются, не меняя своего положения. В структурном отношении гидрослюда принадлежит к диоктаэдрическому типу, что определено по рефлексу (060), соответствующему межплоскостному расстоянию 1,49—1,50 Å.

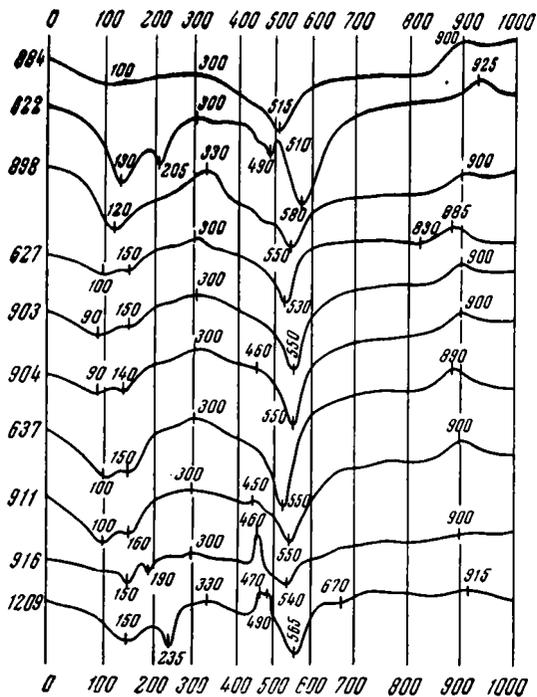
Дифракционный спектр других глинистых минералов выражен значительно хуже. Однако во всех образцах устанавливается примерно одинаковая примесь монтмориллонита и каолинита.

Присутствие монтмориллонита определяется главным образом по базальному рефлексу первого порядка с $\frac{d}{n} = 17,6 \text{ Å}$ в образцах, насыщенных глицерином. При нагреве обычных образцов до 550° рефлекс монтмориллонита (001) смещается до положения, соответствующего $\frac{d}{n} = 9,7—10 \text{ Å}$, и практически совпадает с отражением (001) гидрослюды. В некоторых образцах, насыщенных глицерином, монтмориллонит дает слабый базальный рефлекс (002) с $\frac{d}{n} = 8,8—8,9 \text{ Å}$. В структурном отношении монтмориллонит характеризуется наличием катионов Fe в октаэдрической координации. В пользу этого свидетельствует отсутствие на дебаеграммах большинства образцов, насыщенных глицерином, базальных рефлексов (003) и (005), а также то, что после кипячения образцов в 10%-ной HCl монтмориллонитовый компонент полностью растворяется и соответствующие ему дифракционные линии на дебаеграммах исчезают.

Каолинит легко диагностируется по базальным рефлексам (001) с $\frac{d}{n} = 7,0—7,2 \text{ Å}$ и (002) с $\frac{d}{n} = 3,5—3,6 \text{ Å}$, которые после прокаливания образца при 550° почти полностью исчезают.

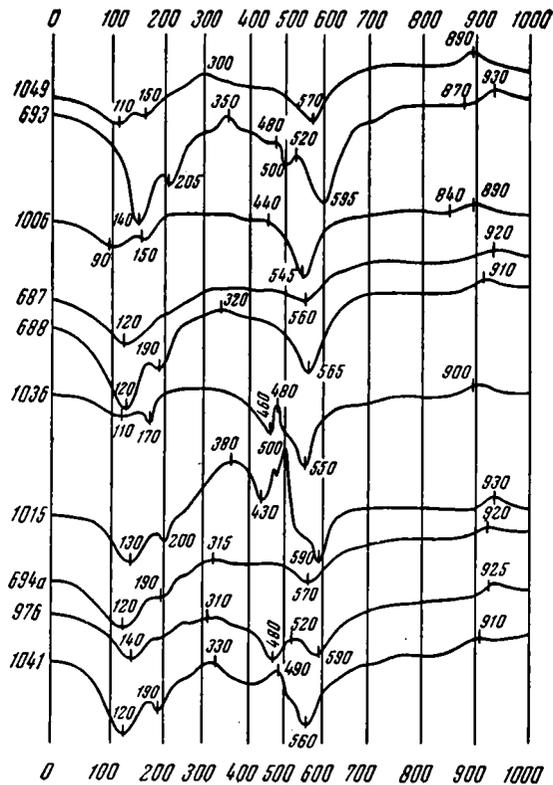
На всех дебаеграммах видны дифракционные линии кварца с $\frac{d}{n} = 1,80—1,82 \text{ Å}$, 1,53—1,54 Å, 1,37 Å и др. Наиболее интенсивная линия кварца с $\frac{d}{n} = 3,35 \text{ Å}$ практически совпадает с базальным рефлексом (003) гидрослюды.

В некоторых случаях фиксируются в очень небольшом количестве смешанно-слоистые структуры. Эти последние в образцах 1209, 1115 и 1114 представлены, по-видимому, беспорядочным чередованием монтмориллонитовых и неразбухающих хлоритовых слоев, о чем свидетельствует широкий



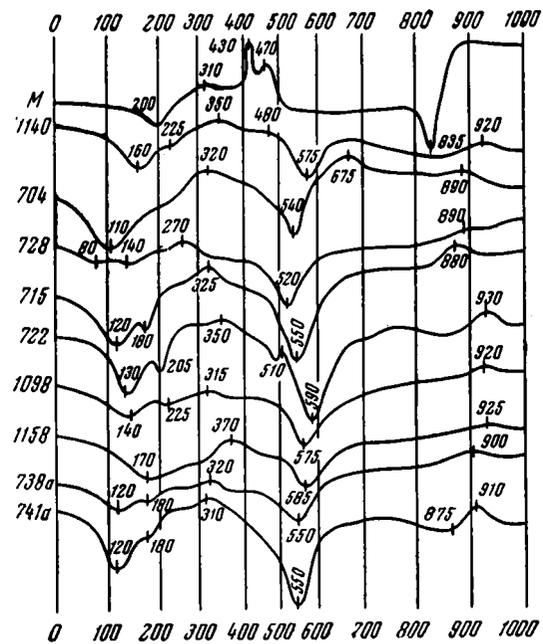
Фиг. 84. Кривые нагревания фракции $<0,001 \text{ м м}$ из осадков р. Днепра.

Обр. 884 — русловая отмель (песок), обр. 622 — заиленная русловая отмель (алевроит), обр. 898 и 627 — прирусловый вал (песок), обр. 687 — приречная пойма (песок), обр. 903 — приречная пойма (алевроит), обр. 637 и 911 — внутренняя пойма, почва (алевроит), обр. 916 и 1209 — старичные алевроитовые илы



Фиг. 85. Кривые нагревания фракции $<0,001 \text{ м м}$ из осадков р. Десны.

Обр. 1049 — русловая отмель (песок), обр. 693 — заиленная русловая отмель (алевроит), обр. 1006 — прирусловый вал (песок), обр. 687 — приречная пойма (песок), обр. 688 и 1036 — то же (алевроит), обр. 1015 и 694a — внутренняя пойма, почва (алевроит), обр. 976 и 1041 — старичные алевроитовые илы



Фиг. 86. Кривые нагревания фракции $<0,001 \text{ м м}$ из осадков р. Оки.

Обр. М — взесь из русла; обр. 1114 — заиленный плёс (глинистый ил); обр. 704 — заиленная русловая отмель (алевроитовый ил); обр. 728 — прирусловый вал (песок); обр. 715 и 722 — приречная пойма (алевроит); обр. 1098 — внутренняя пойма (пелит); обр. 1158 и 738a — старичные глинистые илы; обр. 741a — старично-болотный алевропелит

Расчет дебаграмм фракции <0,001 мм из современного аллювия Днепра (район Днепрово-Каменки)

Обр. 884 Русловая отмель (песок)				Обр. 622 Заиленная русловая отмель (алеврит)				Обр. 903 Приречная пойма (песок)				Обр. 637 Внутренняя пойма (алеврит)				Обр. 1209 Небольшая старица (ил алевритовый)					
Ориентированный—насыщенный		Ориентированный—прогретый при 550°		Ориентированный—насыщенный		Ориентированный—прогретый при 550°		Ориентированный—насыщенный		Ориентированный—прогретый при 550°		Ориентированный—насыщенный		Ориентированный—прогретый при 550°		Ориентированный—насыщенный		Ориентированный—прогретый при 550°		Природный образец (столбик d=0,3 мм)	
J	$\frac{d}{n}$	J	$\frac{d}{n}$ (ool)	J	$\frac{d}{n}$	J	$\frac{d}{n}$	J	$\frac{d}{n}$	J	$\frac{d}{n}$	J	$\frac{d}{n}$	J	$\frac{d}{n}$	J	$\frac{d}{n}$	J	$\frac{d}{n}$	J	$\frac{d}{n}$
8	17,6	—	—	8	17,6	—	—	2	17,6	—	—	10	17,6	—	—	4	17,0	—	—	—	—
7	10,0	—	—	6	10,1	—	—	—	—	—	—	—	10,3	—	—	3	14,1	2	13,5	6	13,1
3	8,8	8	9,7	3	8,9	8	9,9	4p	9,7	10	9,7	5	9,1	10	9,7	6	10,2	8	10,0	—	10,3
5	7,0	—	—	5	7,2	—	—	3	7,2	—	—	5-4	7,2	—	—	5-4	7,1	—	—	—	7,2
—	—	—	—	4	5,97	—	—	—	—	—	—	2-1	5,9	—	—	—	6,1	—	—	5	6,2
2	4,9	3	4,9	3	5,10	2-1	4,99	1	4,8	5	4,9	1	5,0	3	4,90	1	5,0	5	5,0	1	5,0
8	4,48	—	—	5	4,50	5	4,46	—	—	—	—	5	4,52	5	4,44	5	4,44	2	4,48	10	4,50
7	4,22	—	—	5	4,26	4	4,26	2	4,26	4	4,21	4	4,24	3	4,22	4	4,21	4	4,24	2	4,22
1	3,87	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	3,88	1	3,78	1	3,92
5	3,49	—	—	5	3,59	—	—	5	3,57	—	—	8	3,54	1	3,48	5	3,55	3	3,48	1	3,51
10	3,32	10	3,33	10	3,32	10	3,32	10	3,32	10	3,30	9	3,32	10	3,33	10	3,33	10	3,33	10	3,35
1	3,18	3	3,20	1	3,21	2	3,19	—	—	2	3,19	—	—	7	3,17	1	3,20	5	3,20	1	3,22
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	3,11	5-4	3,03	1	3,10
1	2,95	—	—	3	2,98	1	3,01	1	3,01	1	3,07	1	2,99	—	—	1	2,98	—	—	1	2,99
—	—	—	—	—	—	1	2,87	—	—	—	—	—	—	—	—	5	2,76	—	—	5	2,77
7	2,56	—	—	5	2,57	3	2,57	1	2,57	—	—	5	2,58	4	2,56	4	2,57	3	2,57	6	2,57
2	2,44	—	—	1	2,457	1	2,463	—	—	1	2,425	1	2,457	2-1	2,436	3	2,425	3	2,446	4	2,420
1	2,27	—	—	1	2,266	2-1	2,257	1	2,257	1	2,271	1	2,261	2	2,257	1	2,261	4	2,271	4	2,239
3	2,12	—	—	3	2,120	2-1	2,120	1	2,116	1	2,112	2	2,128	1	2,108	4	2,116	1	2,116	4	2,120
6	1,969	—	—	4	1,983	2-1	1,976	1	1,966	1	1,960	4	1,987	1	1,963	5	1,946	5	1,987	3	1,963
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	1,883	—	—	4	1,889
6	1,808	—	—	4	1,802	4-3	1,802	2	1,810	2	1,810	4	1,807	4	1,802	4	1,804	5	1,804	4	1,813
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1,736	—	—	—	—
6p	1,648	—	—	5	1,648	3-2	1,657	2	1,646	2	1,650	4	1,659	3	1,652	5	1,650	5	6,50	3	1,659
6	1,528	—	—	5	1,488	2	1,499	1	1,492	2	1,492	5-4	1,492	—	—	5	1,487	—	—	5	1,495
7	1,495	—	—	1	1,440	—	—	1	1,439	—	—	1	1,448	—	—	5	1,439	—	—	1-2	1,453
6	1,367	—	—	4	1,361	4	1,366	1	1,368	1	1,362	4	1,363	5-4	1,365	—	—	5	1,366	4	1,369

Примечания. Фигурные скобки соединяют края широких линий. Режим работы: трубка БСВ-2, Со-анод, Fe-фильтр, D=57,3 мм, 45 кв, 10 та, 3 часа.

Расчет дебаграмм фракции <math><0,001 \text{ мм}</math> из современного аллювия Десны (район Чернигова)

Обр. 1049 Прирусовая отмель (песок)				Обр. 1036 Приречная пойма (алеврит)				Обр. 1015 Внутренняя пойма (почва, алеврит)						Обр. 976 Центральная часть крупной старицы (ил алевритовый)			
Ориентированный— насыщенный		Ориентированный— прогретый при 550°		Ориентированный— насыщенный		Ориентированный— прогретый при 550°		Ориентированный— насыщенный		Ориентированный— прогретый при 550°		Природный— ориентированный		Ориентированный— насыщенный		Ориентированный— прогретый при 550°	
<i>J</i>	$\frac{d}{n}$	<i>J</i>	$\frac{d}{n}$	<i>J</i>	$\frac{d}{n}$	<i>J</i>	$\frac{d}{n}$	<i>J</i>	$\frac{d}{n}$	<i>J</i>	$\frac{d}{n}$	<i>J</i>	$\frac{d}{n}$	<i>J</i>	$\frac{d}{n}$	<i>J</i>	$\frac{d}{n}$ (ool)
6	17,6	—	—	6ш	17,6	—	—	4ш	{ 17,0	—	—	—	—	9	17,6	—	—
—	—	—	—	—	—	2	12,8	—	{ 14,0	1	13,6	4	13,0	—	—	—	—
5	{ 10,1	8	9,7	6	9,9	10	9,7	6	10,1	7	9,7	7	10,2	6	{ 10,2	8	9,8
4	8,7	—	—	1	8,8	—	—	—	—	—	—	—	—	3	9,1	—	—
1	7,0	—	—	5	7,0	—	—	5	7,1	—	—	5	7,2	5	7,02	—	—
1	5,7	—	—	1	5,8	—	—	4	5,9	—	—	5	5,9	—	—	—	—
1	4,9	4	4,9	4—3	4,9	5	4,9	2	5,1	5	4,99	2	5,14	2	4,96	4	4,97
5	4,44	5	4,48	4—3	4,44	1	4,40	5	4,46	5	4,48	3	4,50	7	4,48	—	—
5	4,21	5	4,21	5	4,19	3	4,17	5	4,21	5	4,22	4	4,24	7	4,22	—	—
5	3,56	1	3,48	5	3,54	1	3,44	5	3,55	1	3,49	3	3,57	5	3,50	—	—
10	3,32	10	3,31	10	3,30	10	3,32	10	3,33	10	3,33	10	3,35	10	3,33	10	3,34
2	3,19	5	3,19	1	3,17	4	3,16	2—1	3,21	5	3,17	1	3,25	1	3,22	1	3,21
3	2,94	—	—	4—3	2,95	3	3,00	5	2,96	1	2,84	5	2,98	2	2,96	—	—
5	2,54	4	2,57	4	2,55	2—1	2,56	4	2,57	3—2	2,55	4	2,57	4	2,57	4	—
1	2,436	3	2,436	3	2,436	3	2,436	3	2,441	3—2	2,446	1	2,468	2	2,45	—	—
—	—	—	—	2	2,352	—	—	2—1	2,357	—	—	1	2,352	2	2,38	—	—
1	2,243	1	2,257	3	2,266	3	2,257	1	2,257	2	2,252	1	2,266	2	2,28	—	—
4—3	2,112	2	2,112	4	2,112	3	2,108	3	2,116	3—2	2,116	2	2,120	2	2,12	—	—
4—3	1,960	2	1,970	5—4	1,973	4—3	1,973	4	1,966	1	1,976	3	1,973	4	1,976	—	—
4	1,810	5	1,810	5	1,807	4	1,802	5	1,802	5—4	1,799	5	1,810	6	1,813	—	—
4ш	1,650	—	—	5ш	1,728	4	1,657	5ш	1,652	4	1,659	4ш	1,666	5	1,663	—	—
4—3	1,530	4	1,530	5—4	1,533	4	1,533	4	1,528	2	1,533	3	1,537	6	1,538	—	—
4	1,490	4	1,497	5—4	1,499	1	1,497	5—4	1,494	2	1,501	1	1,502	5	1,501	—	—
—	—	—	—	1	1,447	—	—	—	—	1	1,460	1	1,453	—	—	—	—
4	1,363	5—4	1,368	5	1,366	5—4	1,368	5	1,363	5—4	1,363	5	1,364	6	1,375	—	—

Примечания. Те же, что и в табл. 32.

Расчет дебаеграмм фракции <0,001 мм из современного аллювия р. Оки (район Спасска-Рязанского)

Обр. М Взвесь из русла		Обр. 1114 Заленный плёс (глинистый ил)						Обр. 722 Приречная пойма (алеврит)				Обр. 738а Центральная часть крупной старницы (пелит)				Обр. 741а Старично-болотный алевро-пелит			
Ориентирован- ный—насыщен- ный		Ориентированный— насыщенный		Ориентирован- ный—прогретый при 550°		Ориентирован- ный—прокипя- ченный в 10%-ной НСl (2 ч.)		Ориентированный— насыщенный		Ориентирован- ный—прогретый при 550°		Ориентированный— насыщенный		Ориентирован- ный—прогретый при 550°		Ориентирован- ный—насыщен- ный		Ориентирован- ный—прогретый при 550°	
J	$\frac{d}{n}$	J	$\frac{d}{n}$	J	$\frac{d}{n}$ (ool)	J	$\frac{d}{n}$	J	$\frac{d}{n}$	J	$\frac{d}{n}$	J	$\frac{d}{n}$	J	$\frac{d}{n}$	J	$\frac{d}{n}$	J	$\frac{d}{n}$ (ool)
—	—	5	17,5	—	—	—	—	10	17,5	—	—	10	17,6	—	—	10ш	17,6	—	—
—	—	2	14,0	4	13,3	—	—	6	—	1	14,4	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	6	9,9	6	9,7	4	10,2	3	9,9	7	10,0	6	10,0	10	9,7	8	10,0	10	9,9
—	—	2	8,8	—	—	—	—	3	8,9	—	—	3	8,9	—	—	—	—	—	—
6	7,54	6	7,0	—	—	5	7,2	6	7,1	—	—	7	7,1	—	—	8	7,02	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	1	5,8	—	—	1	5,8	—	—	—	—	—	—
—	—	1	4,94	5	4,92	1	5,0	1	4,97	3	4,97	2	4,96	5	4,90	2	4,90	4	4,99
2	4,49	2	4,50	—	—	2	4,48	5	4,46	5	4,48	5	4,48	—	—	4	4,48	—	—
5	4,24	4	4,22	—	—	6	4,21	4	4,19	3	4,21	5	4,26	—	—	4	4,24	—	—
5	3,83	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	3,89	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	3,56	7	3,52	—	—	4	3,54	7—6	3,51	1	3,48	7	3,55	—	—	6	3,52	—	—
5	3,33	10	3,33	10	3,33	10	3,34	9—8	3,32	10	3,33	9	3,34	10	3,33	9	3,33	9	3,34
10	3,02	1	3,19	3	3,19	4	3,19	1	3,19	2—1	3,19	1	3,22	6	3,19	1	3,18	6	3,20
3	2,84	3	2,57	—	—	5	2,55	5	2,55	4	2,57	5	2,57	—	—	6	2,55	—	—
4	2,47	1	2,446	—	—	4	2,446	2	2,430	1	2,441	2	2,46	—	—	2	2,44	—	—
1	2,38	—	—	—	—	1	2,378	2	2,352	—	—	2	2,38	—	—	4	2,37	—	—
6	2,28	—	—	—	—	—	—	1	2,243	1	2,243	—	—	—	—	—	—	—	—
6	2,08	1	2,128	—	—	5	2,112	2	2,112	2—1	2,112	3	2,12	—	—	2	2,12	—	—
1	1,987	5	1,976	—	—	5	1,973	4	1,973	2	1,976	4	1,996	—	—	5	1,976	—	—
6	1,910	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6	1,865	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1	1,815	5	1,802	—	—	6	1,810	4	1,800	4—3	1,804	3	1,821	—	—	4	1,810	—	—
2	1,626	5	1,655	—	—	6	1,661	4	1,641	4—3	1,661	4	1,659	—	—	5	1,649	—	—
5	1,596	4	1,532	—	—	6	1,537	3	1,522	—	—	4	1,541	—	—	4	1,534	—	—
4	1,520	4	1,488	—	—	5	1,452	5	1,488	4—3	1,497	7	1,507	—	—	6	1,499	—	—
1	1,468	5	1,362	—	—	6	1,372	4	1,365	4—3	1,365	2	1,454	—	—	5	1,369	—	—
5	1,432	—	—	—	—	—	—	4	1,284	1	1,291	5	1,373	—	—	—	—	—	—

Примечания. Т ж что и в табл. 32.

размытый рефлекс с $\frac{d}{n}$ от 14,0 до 17,5Å на дебаеграммах образцов, насыщенных глицерином, а также рефлекс с $\frac{d}{n} = 13,3-13,6\text{Å}$ на дебаеграммах прогретых образцов. В обр. 1036 смешанно-слоистая структура образована, вероятно, беспорядочным переслаиванием разбухающих хлоритовых и монтмориллонитовых пакетов (широкий рефлекс с $\frac{d}{n} = 17,6\text{Å}$ на дебаеграмме насыщенного глицерином образца и рефлекс с $\frac{d}{n} = 12,8\text{Å}$ на дебаеграмме прогретого образца).

В дифракционном спектре обр. 1209 присутствует рефлекс ($J = 5$) с $\frac{d}{n} = 6,2-6,1\text{Å}$, который полностью исчезает при прогреве. Этот рефлекс может принадлежать наиболее интенсивной линии лепидокрокита ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Другим линиям лепидокрокита, вероятно, соответствуют $\frac{d}{n} = 2,42-2,45\text{Å}$ и $\frac{d}{n} = 1,89\text{Å}$, которые заметно ослабевают или исчезают при нагреве образца. В этом же обр. 1209 присутствует железистый карбонат — сидерит, что фиксируется рефлексами с $\frac{d}{n} = 2,77\text{Å}$ ($J = 5$), $2,12\text{Å}$ ($J = 4$), $1,736\text{Å}$ ($J = 1$), исчезающими при прогреве до 550° . Пириту, вероятно, принадлежит отражение с $\frac{d}{n} = 1,453\text{Å}$ и др.

Особо следует отметить образец М из речной взвеси Оки, который состоит в основном из кальцита, кварца и каолинита. Другие глинистые минералы содержатся в таком малом количестве, что их характерные дифракционные линии на дебаеграмме не проявляются. Кальцит же имеет целую серию хорошо выраженных рефлексов с $\frac{d}{n}$ равными $3,83\text{Å}$, $3,02\text{Å}$, $2,47\text{Å}$, $2,28\text{Å}$, $2,08\text{Å}$, $1,910\text{Å}$, $1,865\text{Å}$, $1,520\text{Å}$. Пириту, вероятно, принадлежат отражения с $\frac{d}{n} = 1,626\text{Å}$ и $1,432\text{Å}$.

Итак, во фракции $<0,001$ мм из осадков Днепра, Десны и Оки определено около десяти минералов, из которых во всех случаях преобладает ассоциация: гидрослюда — монтмориллонит — каолинит — кварц. В целом количественные соотношения между преобладающими глинистыми минералами во всех трех типах аллювия сходны¹. Это, естественно, объясняется сходным характером обломочного материала, сносимого в реки из водосборов Днепра, Десны и Оки, что уже отмечалось ранее для аллювиальных осадков песчано-алевритовой размерности.

Водосборы трех указанных рек расположены главным образом в областях широкого развития четвертичных отложений ледниково-лессового комплекса, в глинистых фракциях которых широко распространена гидрослюда. Последняя также преобладает в современной коре выветривания водосборов, в частности, в зональных почвах типа подзолов и серых лесных земель. Об этом свидетельствуют многочисленные данные, имеющиеся в литературе (Грим, 1956; Горбунов, 1956; Winters, Simonson, 1951, и др.). Возможно, что другие глинистые минералы поступают в аллювий за счет размыва более древних (в основном все же четвертичных) материнских пород.

¹ Можно отметить, что на основании данных рентгенографии и термики в осадках Оки содержится немного больше каолинита и монтмориллонита, чем в аллювии Днепра и Десны.

Что касается количественного соотношения минералов в глинистой фракции ($<0,001$ мм) из различных типов аллювиальных осадков, то полученные данные не показывают сколько-нибудь четкого изменения состава этой фракции в фациальном профиле аллювия Днепра, Десны или Оки. Все же можно отметить тенденцию к некоторому обогащению старичных илов монтмориллонитом, а русловых взвесей — каолинитом.

Сходные данные были получены В. Е. Рясиной (1961) в отношении аллювиальных осадков Волги, однако эти данные недостаточно обоснованы с фактической стороны.

Отсутствие четко выраженной механической сортировки глинистых минералов в аллювии объясняется, очевидно, непостоянным режимом и небольшим размером области седиментации — речной долины¹.

Известно, что состав аллювиальных осадков и тонких речных взвесей во многом отличен. Так, речные взвеси обогащены карбонатами кальция, различными органоминеральными и коллоидными соединениями. Что же касается различий в соотношении минералов в глинистой фракции из аллювия и из речных взвесей, то сведений на этот счет мало. По данным автора, полученным при электронно-микроскопическом изучении глинистой фракции, в образцах из речных взвесей отмечаются наиболее частые находки псевдогексагональных пластинок каолинита. Об усилении роли каолинита по сравнению с другими глинистыми минералами речной взвеси свидетельствует также дебаеграмма образца М (см. табл. 34).

К аналогичным выводам можно прийти на основании данных по дельтовым осадкам р. Миссисипи, приведенных в работе М. Таггарта и А. Кайзера (Taggart and Kaiser, 1960). Так, в молодых дельтовых осадках содержание каолинита всегда уступает содержанию иллита и особенно монтмориллонита. Во взвесах же Миссисипи (water-borne sediments) каолинит выходит на второе место после монтмориллонита.

Согласно Таггарту и Кайзеру, в колонках дельтовых осадков р. Миссисипи, пройденных до глубины 80—170 м, никакого диагенетического изменения в составе глинистых минералов не наблюдается. В условиях морской среды изменения глинистых минералов также незначительны (Weaver, 1958; Grim, 1958; Ратеев, 1958, и др.). Наибольшие же изменения глинистые минералы могут претерпевать, по мнению Уивера, в речных и субаэральных условиях.

В современных аллювиальных осадках Днепра, Десны, Оки и, очевидно, многих других рек наиболее благоприятные условия для переработки исходных минералов создаются в кислой среде луговых и болотных почв ($\text{pH}=4,5\text{--}5,5$). В этих условиях достаточно заметно проявляется гидратация биотита. Широко распространены также аутигенные образования глинистого вещества, близкого по составу к гидрослюде. Более подробно этот вопрос будет рассмотрен в последнем разделе настоящей работы.

4. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАЛЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Малые элементы наряду с Fe, Mn и P относятся к группе минеральных компонентов со сложными формами миграции (Страхов и др., 1954). В настоящее время уже достаточно хорошо выяснены закономерности их распределения в современном речном стоке, а также в

¹ В осадках крупных водоемов, особенно морских и океанических, наблюдается зональность в распределении глинистых минералов, которая чаще всего связана с определенными источниками питания на побережье или с наличием течений. Пространственному обособлению глинистых частиц в крупных морских водоемах способствует также некоторое различие в размере этих частиц и пороге их коагуляции.

осадках конечных водоемов стока (Страхов, 1948, 1960 и др.; Глаголева, 1959, 1961; Нестерова, 1960; Петелин и Остроумов, 1961).

Аллювий является своеобразным связывающим звеном между отложениями исходных источников сноса и остаточными продуктами их дифференциации в виде отложений конечных водоемов. Поэтому выяснение характера распределения в аллювии элементов со сложными формами миграции представляет определенный интерес в аспекте сравнения их с отложениями исходных источников и конечных водоемов стока.

Ниже приведены данные о распределении малых элементов в осадках Оки, Днепра, а также притоков Днепра, Десны и Припяти. Различный характер аллювия этих рек обусловлен различиями в их гидрологическом режиме, главным образом степенью мутности их вод — наименьшей у Припяти и наибольшей у Оки.

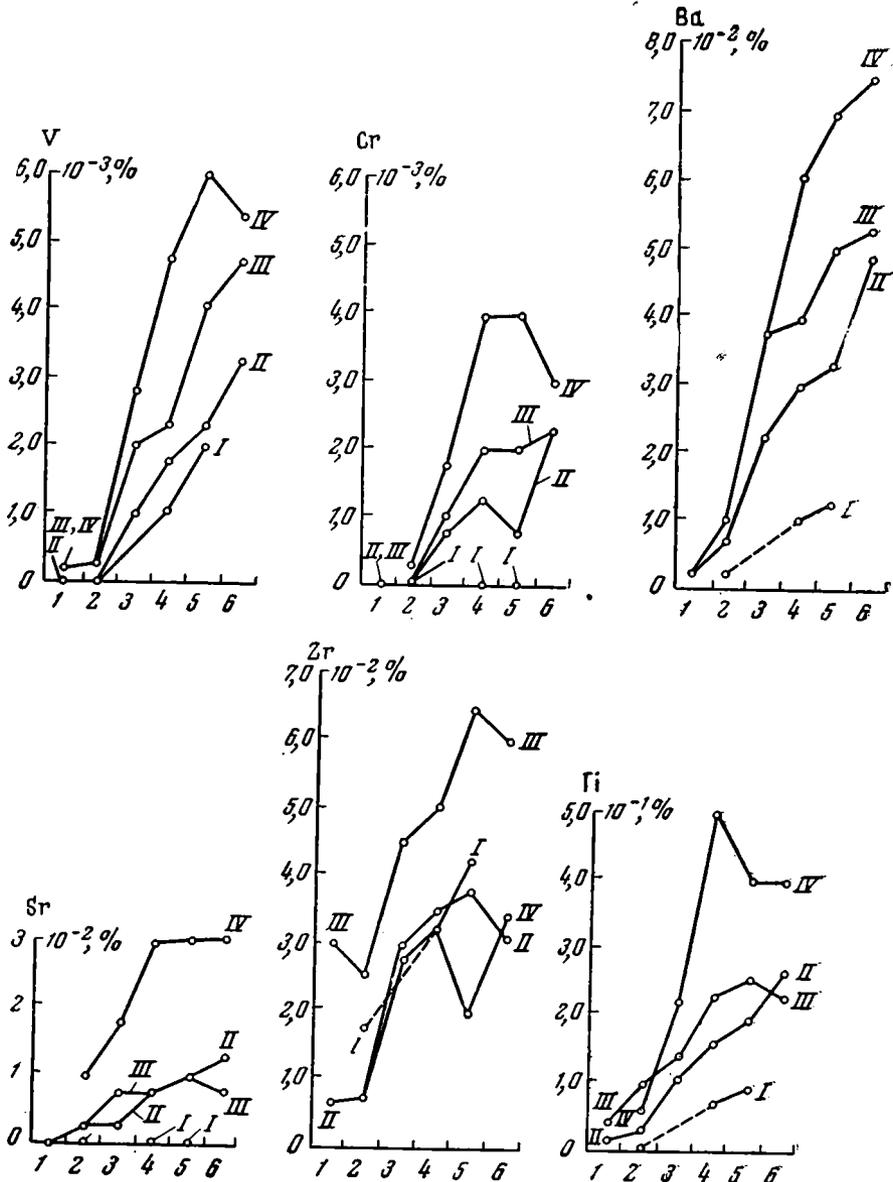
В большинстве образцов постоянно присутствуют следующие элементы: Ti, Zr, Ba, Sr, V, Ni, Cu, Cr, Co, Ga, Pb, Zn, Y, Nb, Be, Yb. В некоторых пробах обнаружены: Sn, Se, Mo, La, Ag. Среднее содержание наиболее распространенных малых элементов в осадках, округленное в пределах точности анализа, приведено в табл. 35—38 и на фиг. 87. Здесь обращает на себя внимание то, что содержание элементов закономерно увеличивается с уменьшением среднего размера частиц (*Md*) в осадках как в пределах любой фации, так и во всем фациальном профиле аллювия от русла в глубь поймы. Различные типы аллювия также существенно отличаются между собой в этом отношении. Так, осадки Оки наиболее обогащены, а осадки Припяти обеднены малыми элементами (за исключением Zr). Это хорошо коррелируется с величиной мутности четырех рассматриваемых рек, а также с различным содержанием в их аллювии тонких пелитовых частиц, выпадающих из взвесей.

Примечателен тот факт, что содержание всех элементов в осадках аллювия, за исключением, пожалуй, Zr, ниже их среднего содержания в осадочных породах, почвах (Виноградов, 1957), а также в речных взвесах (Глаголева, 1959; Нестерова, 1960) и в осадках конечных водоемов стока (Страхов, 1960; Глаголева, 1961, и др.). Содержание Ti и Ba близки к кларковым. Также обеднение элементами, выходящее за пределы ошибок их определения, вполне закономерно. Н. М. Страховым показано (1959, 1960), что при резко выраженном пассивном тектоническом режиме повышенная миграционная способность (подвижность) элементов приводит к усиленному выносу их из всех типов континентальных отложений и фиксации в пелагических областях конечных водоемов, с тонкими пелитовыми осадками которых связано повышенное содержание большинства элементов.

Набор гранулометрических типов осадков аллювия ограничен и представлен в основном песками и алевритами. Пелитовые разности осадков встречаются значительно реже, так как достаточно активный гидродинамический режим на пойме в половодье не благоприятствует осаджению тонких взвесей, и они сбрасываются в конечные водоемы стока. Обедненность аллювия Днепра, Десны, Припяти, Оки и, очевидно, многих других рек большинством элементов хорошо согласуется с его олиго- и мономинеральным кварцевым составом, обусловленным характером размываемых материнских пород. Как было показано ранее, основная их масса представлена четвертичными отложениями ледниково-лёссового комплекса, а также более древними осадочными образованиями, подвергавшимися в прошлом неоднократным переотложениям.

Для некоторых малых элементов можно указать формы их нахождения в аллювии.

Ti встречается главным образом в виде ильменита (21—23,5% тяжелой фракции), а также лейкоксена (2—3%) и рутила (2—2,5%). Из более редких минеральных форм Ti (доли процента) следует отметить: сфен, брукит, анатаз, титаномагнетит. Еще меньшая часть Ti



Фиг. 87. Содержание некоторых малых элементов в аллювии (по данным полуколичественных спектральных определений).

Реки: I — Припять, II — Днепр, III — Десна, IV — Ока

Фации: 1 — пристрежневая, 2 — русловых отмелей, 3 — прирусловых валов, 4 — приречной поймы, 5 — внутренней поймы, 6 — старичные и болотные осадки

содержится в базальтической роговой обманке, лепидомелане, титанавгите и других минералах, встреченных в единичных случаях. Некоторые исследователи полагают, что Ti⁴⁺ может обладать некоторой

Распределение малых элементов в современном аллювии р. Оки (район Спасска-Рязанского)

Фациальная обстановка	Осадки	Количество образцов	Md, мм	S ₀	Содержание элементов в 10 ⁻³ %										
					Ti	Zr	V	Cr	Ni	Cu	Ba	Sr	Ga	Zn	Pb
Русловая отмель	Пески м/з	5	0,23	1,17	70	7	Следы	Следы	Следы	Следы	10	10	≤1	—	Следы
Занленная русловая отмель	Алевриты	1	0,06	1,95	200	20	3	3	1	1	10	10	1	≤2	»
Прирусловый вал	Пески м/з	7	0,16	1,18	140	34	1	1	Следы	≤1	20	≤20	1	—	»
То же	Алевриты	4	0,07	3,20	300	25	3	≤3	1	1	50	≤30	1	≤1	≤1
Приречная пойма	Алевриты	8	0,02	2,95	500	33	≤5	4	1	1	60	30	2	1	Следы
Внутренняя пойма	Алевро-пелиты	3	0,01	2,64	400	20	6	4	≥1	1	70	30	≥2	2	≤1
Старица	То же	5	0,01	3,25	420	30	≥4	3	1	1	≤80	30	≥1	≥1	Следы
Болотная среда	» »	2	0,01	3,12	350	30	6	3	1	1	60	—	≤1	—	—

Таблица 36

Распределение малых элементов в современном аллювии р. Десны (район Чернигова)

Фациальная обстановка	Осадки	Количество образцов	Md, мм	S ₀	Содержание элементов в 10 ⁻³ %										
					Ti	Zr	V	Cr	Ni	Cu	Ba	Sr	Ga	Zn	Pb
Стрежень русла	Пески р/з	5	0,28	1,26	40	30	Следы	—	—	Следы	Следы	—	—	—	—
Русловая отмель	Пески м/з	10	0,21	1,25	100	25	»	—	Следы	»	10	Следы	Следы	—	—
Занленная русловая отмель	Алевриты	4	0,05	2,30	400	36	3	2	1	1	40	20	1	—	Следы
Прирусловый вал	Пески м/з	3	0,14	1,21	80	40	1	—	Следы	Следы	30	Следы	≤1	—	»
	Алевриты	1	0,04	1,76	200	50	3	2	1	≤1	50	≤10	1	—	»
Приречная пойма	Пески м/з	4	0,12	1,59	150	45	2	1	Следы	≤1	40	Следы	1	—	—
	Алевриты	4	0,04	2,30	300	65	3	3	»	1	50	≤10	1	—	—
Внутренняя пойма	»	4	0,02	2,80	250	60	4	3	≤1	1	50	10	1	—	Следы
Старица	»	9	0,02	3,42	230	50	≥4	3	1	1	50	10	≥1	—	»
Болотная среда	»	3	0,03	3,20	230	55	5	3	1	1	60	≤10	1	—	—

Таблица 37

Распределение малых элементов в современном аллювии Среднего Днепра

Фациальная обстановка	Осадки	Количество образцов	Md, мм	So	Содержание элементов в 10 ⁻³ %										
					Ti	Zr	V	Cr	Ni	Cu	Ba	Sr	Ga	Zn	Pb
Стрежень русла	Пески р/з	8	0,34	1,38	20	6	—	—	Следы	Следы	Следы	—	—	—	—
Русловая отмель	Пески м/з	15	0,23	1,36	30	7	—	—	»	»	≤10	Следы	Следы	—	—
Затопленная русловая отмель	Алевриты	4	0,04	2,30	400	32	4	2	1	1	≥30	20	1	—	Следы
	Прирусловый вал	Пески м/з	7	0,19	1,30	130	26	≤1	Следы	Следы	Следы	20	Следы	Следы	—
Приречная пойма	Алевриты	2	0,10	1,60	450	40	2	≥1	1	1	30	≤10	1	—	Следы
	Пески м/з	11	0,15	1,36	100	26	1	—	Следы	≤1	≤30	сл.	≤1	—	—
Внутренняя пойма	Алевриты	8	0,07	1,72	300	45	≥2	≥2	1	1	≥30	≥10	1	—	Следы
	Пески м/з	3	0,14	1,35	60	30	1	—	Следы	1	10	≤10	≤1	—	—
Аллювиально-пролювиальные осадки поймы	Алевриты	10	0,06	2,07	230	40	≥2	1	1	≤1	40	10	1	Следы	Следы
	»	7	0,03	2,02	240	39	3	2	1	1	50	20	≥1	—	Следы
Старица	Пески м/з	1	0,19	1,31	100	30	—	—	—	Следы	10	10	1	—	—
	Алевриты	22	0,03	2,20	250	35	≥3	2	1	1	50	≤20	≥1	Следы	Следы
Болотная среда	»	5	0,03	2,81	240	38	3	≥2	1	1	≥40	≥10	1	—	»

Таблица 38

Распределение малых элементов в современном аллювии р. Припяти (район Мозыря)

Фациальная обстановка	Осадки	Количество образцов	Md, мм	So	Содержание элементов в 10 ⁻³ %										
					Ti	Zr	V	Cr	Ni	Cu	Ba	Sr	Ga	Zn	Pb
Русловая отмель	Пески с/з	3	0,32	1,22	10	20	—	—	Следы	Следы	Следы	—	—	—	—
Приречная пойма	Пески м/з	4	0,22	1,38	70	35	1	—	»	»	20	—	—	—	—
Внутренняя пойма	Пески м/з	2	0,15	1,43	80	50	1	—	—	≤1	20	—	—	—	—
	Алевриты песчаные	2	0,10	2,05	100	35	3	—	≤1	1	30	—	≤1	—	—

подвижностью в почвах, будучи связанным с гумусовым веществом (Виноградов, 1957). В кислых условиях торфяников и лугово-болотных почв (нами зафиксированы рН до 4,3, которые, очевидно, не являются предельными) часть титана, вероятно, может мигрировать и в ионной форме.

Zr присутствует практически в виде циркона (5—7% тяжелой фракции). Максимальное содержание Zr (как и Ti), в отличие от всех остальных малых элементов, приходится не на самые тонкие осадки, а на обогащенные тяжелой фракцией алевриты, тяготеющие к руслу. Осадки всех фаций Десны относительно обогащены Zr по сравнению с аллювием других рек, это хорошо совпадает с данными минералогических анализов фракций песчано-алевритовых размерностей.

В естественных шлихах волнобойной зоны русловых отмелей Ti и Zr обнаруживают наибольшие концентрации (>1%). Сильно концентрируются в таких «шлихах» Ni, V, Cr, Nb, Sc, Pb, Zr (?), в меньшей степени Ga, Cu и практически не накапливаются Ba (?) и Sr.

Ba находится в осадках в виде барита (единичные зерна в тяжелой фракции).

Самостоятельные минеральные формы Sr не обнаружены. Sr может присутствовать в виде изоморфных примесей к Ca в часто встречаемых кальците, арагоните и, редко, ангидрите. Этим, очевидно, объясняется несколько повышенное содержание Sr в карбонатсодержащих осадках (0,46—1,56% CO₂) аллювиально-пролювиальной фации поймы Днепра, локально развитой в районе Канева (см. табл. 37). Повышенное содержание Sr и Ba в обычных некарбонатных осадках тонкозернистого состава может быть объяснено присутствием их в решетках калиевых полевых шпатов, гидрослюд и других, содержание которых явно увеличивается с уменьшением размера фракций.

Связать другие малые элементы с составом осадков значительно труднее, так как они обычно не образуют самостоятельных минералов, а находятся в виде изоморфных примесей в решетках других минералов и в сорбированном состоянии. Соотношение между этими двумя формами нахождения неясно. По-видимому, вторая форма имеет большее значение, так как все малые элементы, за исключением Ti и Zr, дают повышенные содержания именно в самых тонкозернистых осадках аллювия, обогащенных органикой, глинистым веществом и коллоидными гидроокисями Fe, Mn, Si и др. Содержание же тяжелой фракции в таких тонких осадках обычно понижено.

Некоторые малые элементы принимают участие в диагенетическом перераспределении вещества. Так, в железистых стяжениях из старичных отложений и в мелких конкрециях из элювиальных горизонтов дерново-луговых почв, наряду с явной концентрацией Fe, Mn, P, спекроскопически обнаруживается также увеличение содержания Ni, Co, Ga, Ba (?). Большая же часть малых элементов дает в отмеченных конкрециях пониженные содержания.

Итак, распределение малых элементов в аллювии обусловлено в целом характером механической дифференциации и закономерно изменяется с изменением гранулометрического состава осадков. Что же касается других компонентов со сложными формами миграции (Fe, Mn, P), то данных об их содержании в аллювиальных осадках почти нет (за исключением Fe). Однако вряд ли приходится сомневаться в аналогичном характере их распределения. В пользу этого свидетельствует, в частности, сходный характер распределения Fe в фаціальном профиле аллювиальных осадков, который приводится в IV главе.

Глава IV

ОСОБЕННОСТИ РАННЕГО ДИАГЕНЕЗА АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ОСАДКОВ

1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

Содержание и качественный состав органического вещества в осадках являются главнейшими факторами, определяющими характер их физико-химической среды: значения окислительно-восстановительного потенциала (Eh) и активной реакции (pH).

В фациальном профиле аллювия распределение органики обуславливается двумя главными факторами: механической дифференциацией исходных наносов и наложенным процессом накопления автохтонного органического материала. Второй фактор имеет особенно большое значение для фаций внутренней поймы, вторичных водоемов поймы, стариц, болотных почв и торфяников. В целом количество рассеянного органического вещества закономерно увеличивается в последовательном ряду фаций от русла в глубь поймы параллельно с уменьшением среднего размера частиц осадков и возрастанием в них содержания глинистой фракции.

Данные о содержании органического углерода ($C_{орг}$) в осадках различных фаций и типов аллювия приведены в табл. 39—41. Наиболее полно охарактеризованы анализами осадки Среднего Днепра (240 образцов). Данные о $C_{орг}$ в осадках Десны (75 образцов) и Оки (52 образца), хотя и представлены в меньшем объеме, однако вскрывают те же закономерности распределения $C_{орг}$.

Наименьшее содержание $C_{орг}$ отмечается в русловых песках, наибольшее — в тонкозернистых осадках старичного типа, а также в луговых и болотных почвах. Особо стоят торфяники, в которых количество $C_{орг}$ резко повышено за счет меньшего разубоживания терригенным материалом.

Песчаные русловые осадки всех трех изученных типов аллювия отличаются исключительно однообразным небольшим содержанием $C_{орг}$ (0,03—0,04% в среднем). То же самое можно сказать и в отношении тяготеющих к руслу песчаных осадков прирусловых валов, в которых среднее содержание $C_{орг}$ составляет 0,10—0,11%. Это обуславливается тем, что осадки руслового типа образуются в обстановке наиболее активного гидродинамического режима, способствующего удалению из осадков мелкого и легкого органического детрита, а также пелитовых частиц. Крупные же обломки в виде кусков древесины и другие встречаются очень редко.

В пределах других фациальных обстановок, где гидродинамический режим значительно ослабляется и обеспечивает осаждение взвешенных частиц, осадки имеют меньшую крупность и обогащены $C_{орг}$. При этом уже обычно наблюдается прямая связь между Md осадков и содержанием в

Содержание $C_{орг}$ (в %) в современном аллювии Среднего Днепра

Фации	Субфации	Гранулометрические типы осадков											
		Пески			Алевриты крупные			Алевриты мелкие			Пелиты		
		Количество образцов	$C_{орг}$		Количество образцов	$C_{орг}$		Количество образцов	$C_{орг}$		Количество образцов	$C_{орг}$	
			от — до	среднее		от — до	среднее		от — до	среднее		от — до	среднее
Пристречневая	Плёсов	10	0—0,05	0,04	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Перекаатов	7	0,02—0,05	0,04	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Русловых отмелей		18	0,01—0,11	0,05	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Зайленных отмелей	4	0,11—0,34	0,19	2	0,60—1,25	0,92	4	0,82—1,43	1,18	—	—	—
Боковых проток		13	0,07—0,11	0,09	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Зайленных проток	2	0,16—0,20	0,18	3	0,53—0,90	0,73	1	—	0,70	—	—	—
Прирусловых валов		25	0,04—0,23	0,11	3	0,16—0,40	0,34	—	—	—	—	—	—
Приречной поймы		29	0,04—0,37	0,14	22	0,19—0,68	0,36	8	0,50—1,30	0,86	—	—	—
Внутренней поймы		9	0,10—0,43	0,22	11	0,31—2,50	1,03	5	0,70—1,90	1,19	—	—	—
Небольших стариц		13	0,03—0,32	0,16	9	0,32—2,12	0,91	14	0,46—5,72	1,83	4	1,10—5,03	1,93
Вторичных водоемов поймы		7	0,08—0,29	0,14	6	0,46—2,06	0,71	9	0,53—1,59	1,04	—	—	—
Аллювиально-пролювиальные поймы	осадки	—	—	—	2	0,64—0,76	0,70	3	1,20—2,64	1,95	1	—	1,81

Содержание $C_{орг}$ (в %) в современном аллювии р. Десны в районе Чернигова

Фации	Субфации	Гранулометрические типы осадков											
		Пески		Алевриты крупные			Алевриты мелкие			Пелиты			
		Количество образцов	$C_{орг}$		Количество образцов	$C_{орг}$		Количество образцов	$C_{орг}$		Количество образцов	$C_{орг}$	
			до	среднее		от	до		среднее	от		до	среднее
Пристречная	Перекаатов	5	0,02—0,07	0,03	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Плѣсов	5	0,01—0,09	0,04	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Русловых отмелей		6	0,02—0,08	0,04	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Зайленных отмелей	2	0,13—0,23	0,18	1	—	0,55	5	0,45—0,93	0,77	—	—	—
Прирусловых валов		2	0,05—0,15	0,10	1	—	0,28	1	—	0,45	—	—	—
Приречной поймы		5	0,10—0,29	0,14	3	0,20—0,55	0,45	5	0,28—0,76	0,58	—	—	—
Внутренней поймы		—	—	—	1	—	0,70	5	0,34—2,88	1,24	—	—	—
Небольших стариц и краевых частей крупных стариц		3	0,26—0,35	0,31	—	—	—	6	0,56—3,20	1,64	—	—	—
Болотных почв и торфяников		—	—	—	—	—	—	1	—	0,80	2	0,77—9,35	5,56

них $C_{орг}$. Эта связь еще более усиливается за счет наложенных процессов накопления автохтонной органики, связанных с деятельностью местного растительного и животного мира.

В собственно пойменных осадках фаций приречной и внутренней поймы количество $C_{орг}$ составляет в среднем в песках 0,14—0,23%, в крупных алевритах—0,36—0,94%, в мелких алевритах—0,46—1,24%, в пелитах—0,90—1,81%. По сравнению с осадками приречной поймы в аналогичных по крупности осадках внутренней поймы содержание $C_{орг}$ больше за счет наложенных процессов почвообразования.

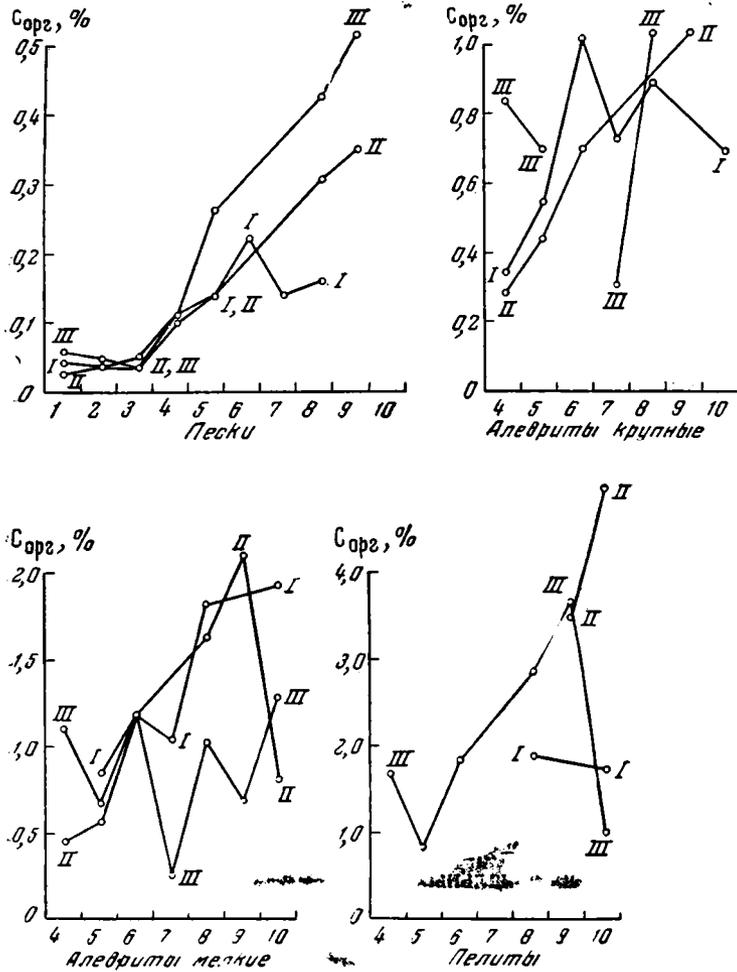
В старичных осадках среднее содержание $C_{орг}$ составляет от 0,13—0,55% в песках до 1,93—3,79% в глинистых илах. Сходное количество $C_{орг}$ характерно также для осадков вторичных водоемов поймы и для болотных почв и торфяников. Максимальная концентрация $C_{орг}$ зафиксирована в торфе: 42,62—46,87%.

В отношении всех изученных фаций и гранулометрических типов осадков, за исключением песчаных осадков, образующихся из влекомого материала, выявляется закономерное увеличение содержания $C_{орг}$ от аллювия Днѣпра к аллювию Оки (фиг. 88). По-видимому, это связано лишь в некоторой степени с первоначальным обогащением

Содержание $C_{орг}$ (в %) в современном аллювии р. Оки в районе Спасска-Рязанского

Фации	Субфации	Гранулометрические типы осадков											
		Пески			Алевриты крупные			Алевриты мелкие			Пелиты		
		Количество образцов	$C_{орг}$		Количество образцов	$C_{орг}$		Количество образцов	$C_{орг}$		Количество образцов	$C_{орг}$	
			от — до	среднее		от — до	среднее		от — до	среднее		от — до	среднее
Пристречневая	Перекатов	4	0,03—0,10	0,04	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Плёсов	5	0,07	0,05	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Русловых отмелей		5	0,02—0,06	0,04	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Заиленных отмелей	—	—	—	1	—	0,72	—	—	—	2	1,21—1,61	1,41
Прирусловых валов		7	0,05—0,20	0,11	2	0,32—1,36	0,84	1	—	1,12	1	—	1,72
Приречной поймы		3	0,14—0,23	0,27	4	0,28—1,78	0,69	7	0,51—0,76	0,66	3	0,73—1,04	0,90
Внутренней поймы		—	—	—	—	—	—	2	0,70—1,76	1,23	4	2,23—2,44	2,37
Небольших стариц и краевых частей крупных стариц		3	0,21—0,43	0,43	—	0,69—1,42	1,05	4	0,37—1,38	1,05	6	0,28—5,51	2,88
Центральных частей крупных стариц		1	—	0,52	—	—	—	1	—	0,67	23	1,03—14,94	3,74
Болотных почв и торфяников		—	—	—	—	—	—	2	1,14—1,46	1,30	1	—	1,06
Вторичных водоемов поймы		—	—	—	1	—	0,30	1	—	0,24	—	—	—

осадков аллохтонной органикой за счет увеличения мутности реки и уменьшения среднего размера (Md) частиц однотипных осадков. В этом отношении наблюдается следующий порядок: Ока > Десна > Днепр. Не менее существенную роль играют также геоморфологические условия поймы. Так, меандровый тип миграции русел Десны и



Фиг. 88. Содержание Сорг (в %) в современных аллювиальных осадках.

Реки: I — Днепр, II — Десна, III — Ока.

Фации: 1 — перекаты, 2 — плёсы, 3 — русловые отмели, 4 — прирусловые валы, 5 — приречная пойма, 6 — внутренняя пойма, 7 — встречные водоемы, 8 — небольшие старицы и краевые части крупных стариц, 9 — центральные части крупных стариц, 10 — болотные осадки

Оки обеспечивает более полное развитие типичных старичных обстановок с богатой флорой и фауной. Кроме того, обогащение осадков органикой в результате наложенных процессов почвообразования сильнее всего сказывается в отношении наиболее плодородных осадков поймы, первоначально обогащенных органическим аллохтонным материалом и сильнее всего развитых именно на этих реках.

Вниз по течению реки наряду с уменьшением Md частиц осадков в одних и тех же фациях наблюдается также их обогащение $C_{орг}$. Это хорошо

видно на примере Среднего Днепра. Так, содержание $C_{орг}$ в песках фации приречной поймы возрастает от 0,125% в районе Канева до 0,14% в районе Днепрово-Каменки. В крупных алевритах этой фации содержание $C_{орг}$ равно соответственно 0,35 и 0,42%. Мелкоалевритовые старичные илы в районе Канева содержат в среднем 1,56% $C_{орг}$, а в районе Днепрово-Каменки—2,08%. Можно значительно увеличить число подобных сравнений в отношении других гранулометрических типов осадков и фаций, однако данные по ним получены на основе меньшего аналитического материала.

По составу органическое вещество в осадках представлено растительным детритом различной величины и степени разложения (обломки веточек, древесины, коры, мелкие корешки, обрывки листьев, водорослей), а также тонко рассеянным коллоидным веществом и редко встречающимися обрывками хитинового покрова насекомых. Микроскопически органическое вещество обнаруживается в виде обрывков растительных тканей, в том числе форменных элементов (споры, кутикула и др.), непрозрачных обугленных остатков, а также в виде буроватых и непрозрачных пленок, обволакивающих терригенные обломки и заполняющих промежутки между ними.

Данных о качественном и количественном составе гумуса в осадках Днепра, Десны и Оки в распоряжении автора нет. Однако здесь можно предполагать аналогию с одготипными осадками Волги и Медведицы (приток р. Дона), исследованными Т. В. Глотовой (1961).

По данным Глотовой, в глинистых илах озер поймы Волги содержание $C_{орг}$ равно 1,38—2,34%. На долю гуминовых кислот приходится 20,30—16,66% от общего количества $C_{орг}$. Фульвокислоты составляют 26,80—24,35%, а негидролизуемый остаток 42,10—32,49%. Отношение C гуминовых кислот к C фульвокислот равно 0,76—0,68%. Состав гумуса волжского наилка, взятого в пределах приречной поймы, оказался очень сходным с составом гумуса из илистых осадков старичного оз. Пономарево, расположенного на том же отрезке поймы.

В илах озер поймы р. Медведицы содержание $C_{орг}$ достигает 3,14—4,43%. В составе гидролизуемой части гумуса, в отличие от волжских осадков, явно преобладают гуминовые кислоты — 35,22—45,54% от общего количества $C_{орг}$. Фульвокислоты играют подчиненную роль (21,89—20,67%). Остаток равен 34,09—27,38%. Отношение C гуминовых кислот к C фульвокислот составляет 1,60—2,20.

Неоднородность аллювиальных осадков с сезонно-ритмичным наслоением в полной мере проявляется и в отношении содержания в них $C_{орг}$. Для субэзральных пойменных осадков это различие зависит от их гранулометрии, в частности содержания терригенных пелитовых частиц, и от наложенных процессов почвообразования. Для субаквальных осадков старичного типа существенную роль играет также обогащение их новообразованным органическим веществом за счет бурного развития планктона в летнее время, а также коагуляции взвешенной органики. Роль этой последней несомненна, ибо в речных взвесах содержание $C_{орг}$ обычно образует два сезонных максимума: летом и в начале зимы, причем второй максимум связан почти исключительно с коагуляцией взвешенной органики, принесенной во время осенних паводков, так как деятельность микроорганизмов с понижением температуры становится резко подавленной.

Содержание $C_{орг}$ в субэзральных осадках поймы сильно зависит от геоморфологических условий поймы. Так, в осадках межгрядных ложбин содержится всегда больше $C_{орг}$, чем в аналогичных осадках на гривах (см. табл. 53). Это обусловлено, очевидно, большим развитием растительного (главным образом травянистого) покрова в межгрядных ложбинах в связи с более близким уровнем грунтовых вод, а также относительно большей тонкозернистостью осадков межгрядных ложбин.

2. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КАРБОНАТОВ

В аллювии рек гумидной зоны, типичными представителями которых являются Днепр, Десна и Ока, карбонаты содержатся в небольшом количестве, однако оказывают существенное влияние на характер активной реакции (рН) аллювиальных отложений.

Данные о суммарной карбонатности (по CO_2) в различных фациях и гранулометрических типах осадков изученных рек приведены в табл. 42—44. К сожалению, материал, положенный в основу этих таблиц, является выборочным и малочисленным (всего около 170 анализов). Однако при рассмотрении даже этих данных все же вскрываются достаточно четкие закономерности распределения CO_2 в осадках. Это вполне подтверждается также большим числом визуальных полуколичественных определений CO_2 (около 450), сделанных при подготовке образцов к анализам на $\text{C}_{\text{орг}}$.

В фациальном профиле аллювия суммарное содержание карбонатов падает от осадков руслового типа к собственно пойменному аллювию, а затем вновь возрастает в осадках старичного типа. Особенно наглядно это видно на фиг. 89.

В песчаном аллювии руслового типа наибольшее количество карбонатов приходится на крупнозернистые осадки пристрежневой фации ($\text{CO}_2=0,1—0,5\%$). Содержание CO_2 в песках русловых отмелей и валов в среднем равно $0,05—0,12\%$.

В заиленных осадках русел содержание CO_2 чаще всего составляет от $0,5$ до 1% .

Количество карбонатов в собственно пойменных осадках фаций приречной и внутренней поймы резко понижается (обычно $\text{CO}_2 \leq 0,05\%$) в связи с кислым характером среды данных осадков, способствующим растворению карбонатов. Исключение составляют аллювиально-пролювиальные отложения поймы, локально развитые в районе г. Канева на Днепре и образованные в значительной степени за счет карбонатсодержащих лёссовидных пород коренных склонов долины. Содержание CO_2 в аллювиально-пролювиальных осадках обычно равно $1,3—1,5\%$.

В осадках старичного типа, включая сюда и вторичные водоемы поймы, количество карбонатов достигает абсолютного максимума ($\text{CO}_2=0,5—2\%$ и более).

Для большинства фаций в целом характерно тяготение карбонатов к наиболее тонкозернистым разностям осадков (см. фиг. 89). Это в основном относится к осадкам, образованным преимущественно за счет взвесей. Однако в частных пробах содержание карбонатов может варьировать в широких пределах: от количества, в несколько раз превышающего среднее содержание, до ничтожных следов.

Вниз по течению Днепра от Канева до Днепрово-Каменки (350 км) не наблюдается сколько-нибудь заметного изменения в содержании карбонатов в аллювии, хотя гранулометрический состав последнего становится более тонкозернистым. Возможно, это связано с малым количеством данных о содержании карбонатов в осадках. Вполне очевидно, что в более засушливых районах аллювий должен обогащаться карбонатами. Известным примером в этом отношении является аллювий степных рек Заволжья. В качестве другого примера можно привести осадки дельты Дона, которые сплошь являются карбонатными и имеют рН от 8,67 до 9,00 (Громова, 1951, 2, 1953). Исследованные же осадки Днепра, Десны и Оки в общем некарбонатны, а величины их рН обычно значительно ниже только что приведенных.

Содержание карбонатов в аллювии Десны в $1,5—2,5$ раза превышает их количество в аллювии Днепра и Оки (см. фиг. 89). Это,

Суммарное содержание карбонатов (CO_2 в %) в современном аллювии Среднего Днепра

Фации	Субфации	Гранулометрические типы осадков								
		Пески			Алевриты крупные			Алевриты мелкие		
		Количество образцов	CO_2		Количество образцов	CO_2		Количество образцов	CO_2	
от — до	среднее		от — до	среднее		от — до	среднее			
Пристречневая	Перекаатов	6	0—0,22	0,07	—	—	—	—	—	—
	Плёсов	8	0—0,42	0,06	—	—	—	—	—	—
Русловых отмелей		9	0—0,30	0,05	—	—	—	—	—	—
	Занленных отмелей	3	0,05—0,19	0,12	1	—	0,16	4	0,02—1,55	0,83
Прирусловых валов		6	0—0,02	0,01	3	0,02—0,32	0,19	—	—	—
Приречной поймы		6	0,0—0,02	0,01	4	0—0,10	0,03	6	0,02—0,60	0,33
Внутренней поймы		5	0,00	0,00	5	0—0,01	0,01	5	0—0,02	0,01
Небольших стариц		4	0,07—0,38	0,19	6	0,46—1,94	1,12	7	0,10—3,55	1,58
Вторичных водоемов поймы		3	0,09—0,15	0,11	3	0—0,50	0,33	5	0,02—1,93	0,74
Болотных почв и торфяников		3	0—0,06	0,02	2	0,01—0,02	0,02	3	0,02—0,03	0,02
Аллювиально-пролювиальные осадки поймы		2	0,14—0,46	0,30	1	—	1,34	2	1,34—1,56	1,45

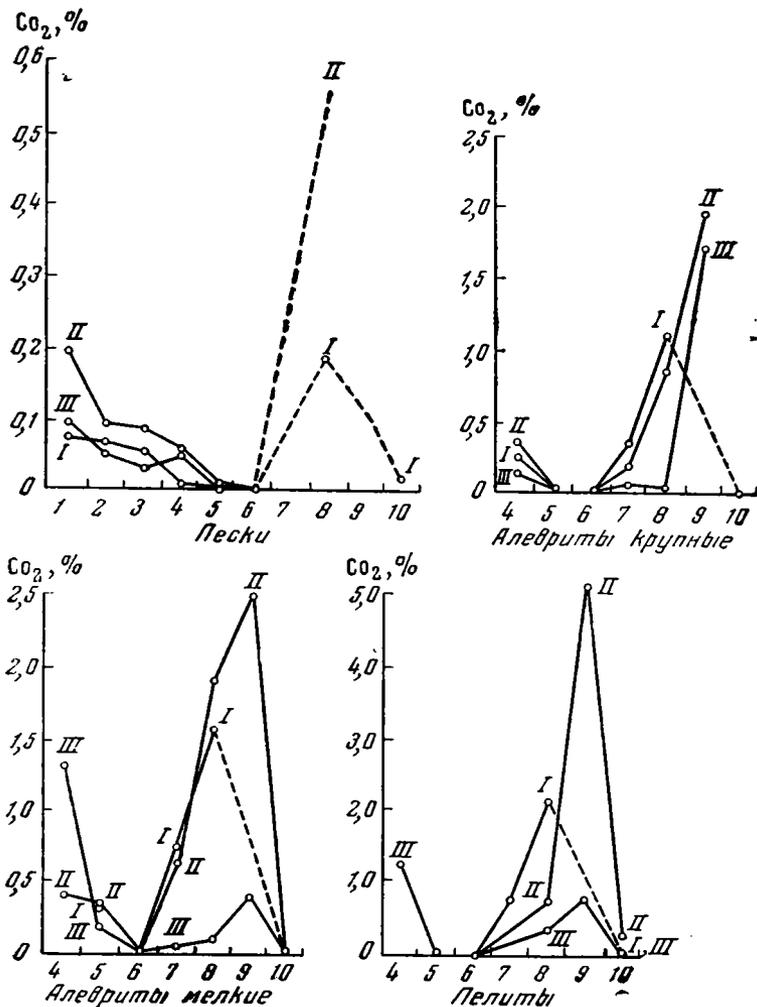
Суммарное содержание карбонатов (CO₂ в %) в современном аллювии Десны в районе Чернигова

Фации	Субфации	Гранулометрические типы осадков											
		Пески			Алевриты крупные			Алевриты мелкие			Пелиты		
		Количество образцов	CO ₂		Количество образцов	CO ₂		Количество образцов	CO ₂		Количество образцов	CO ₂	
			от — до	среднее		от — до	среднее		от — до	среднее		от — до	среднее
Пристрезженая	Перекаатов	4	0,04—0,36	0,19	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Плёсов	3	0,07—0,12	0,10	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Русловых отмелей		7	0—0,19	0,09	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Заилненных отмелей	3	0,01—0,16	0,06	1	—	0,63	4	0,79—1,00	0,89	—	—	—
Прирусловых валов		3	0,02—0,14	0,06	1	—	0,36	1	—	0,42	—	—	—
Приречной поймы		4	0—0,05	0,02	3	0,02—0,09	0,04	4	0,02—0,50	0,36	—	—	—
Внутренней поймы		—	—	—	2	0,03—0,04	0,03	3	0—0,04	0,01	—	—	—
Небольших стариц и краевых частей крупных стариц		1	—	0,57	1	—	0,87	4	0,58—5,11	1,92	1	—	0,75
Центральных частей крупных стариц		5	0,55—4,23	1,50	2	1,45—2,43	1,94	5	0,38—4,85	2,51	4	0,43—7,19	5,08
Вторичных водоемов поймы		—	—	—	1	—	0,20	1	—	0,67	—	—	—
Болотных почв и торфяников		—	—	—	—	—	—	1	—	0,02	4	0,02—0,86	0,27

Суммарное содержание карбонатов (CO₂ в %) в современном аллювии Оки в районе Спасска-Рязанского

Ф.цнии	Субфации	Гранулометрические типы осадков											
		Пески			Алевриты крупные			Алевриты мелкие			Пелиты		
		Количество образцов	CO ₂		Количество образцов	CO ₂		Количество образцов	CO ₂		Количество образцов	CO ₂	
от — до	среднее		от — до	среднее		от — до	среднее		от — до	среднее			
Пристрезженая	Перекаатов	4	0—0,24	0,09	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Плёсов	4	0,01—0,11	0,05	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Микрофация заиленных плёсов	—	—	—	3	0,19—1,27	0,49	1	—	0,30	1	—	0,30
Русловых отмелей		4	0,02—0,05	0,03	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Заиленных отмелей	—	—	—	1	—	0,36	—	—	—	2	0,40—0,62	0,51
Прирусловых валов		4	0,03—0,07	0,05	4	0,08—0,22	0,14	1	—	1,31	1	—	1,24
Приречной поймы		4	0—0,01	0,00	4	0—0,05	0,01	2	0,08—0,29	0,18	2	0,03—0,07	0,05
Внутренней поймы		—	—	—	1	—	0,02	—	—	—	5	0—0,01	0,00
Небольших стариц и краевых частей крупных стариц		1	—	0,20	2	0,01—0,07	0,04	3	0,01—0,23	0,11	7	0,11—0,70	0,38
Центральных частей крупных стариц		1	—	0,09	1	—	1,71	2	0,30—0,52	0,41	9	0,07—3,22	0,77
Вторичных водоемов поймы		—	—	—	1	—	0,08	1	—	0,06	—	—	—
Болотных почв и торфяников		—	—	—	—	—	—	1	—	0,01	2	0,01—0,04	0,02

очевидно, обусловлено влиянием определенных источников питания аллювия Десны (мело-мергельные породы Сг₂, Рг, лёссовидные отложения), которые в целом содержат больше карбонатов, чем породы, размываемые в бассейнах Днепра и Оки.



Фиг. 89. Содержание карбонатов (СО₂ в %) в фациальном профиле современных аллювиальных осадков

Реки: I — Днепр, II — Десна, III — Ока

Фаши: 1 — перекаты, 2 — плёсы, 3 — русловые отмели, 4 — прирусловые валы, 5 — приречная пойма, 6 — внутренняя пойма, 7 — вторичные водоемы поймы, 8 — небольшие старицы и краевые части крупных стариц, 9 — центральные части крупных стариц, 10 — пойменные болотные почвы и торфяники

Состав и происхождение карбонатного материала неодинаковы в различных фашиях современных аллювиальных осадков Днепра, Десны, Оки и, очевидно, многих других рек гумидной зоны. Карбонаты в этих осадках представлены в основном раковинным детритом и целыми раковинами моллюсков, имеющими арагонитовый состав. В песках руслового типа они аллохтонны и сортируются как обычные терригенные обломки, в заиленных же осадках русел и фашиях старичного

типа — автохтонны¹. Реже в аллювии встречаются терригенные зерна кальцита и диагенетические новообразования карбонатов, представленные обычно кальцитом и, реже, сидеритом. Последние характерны для осадков старичного и болотного типов.

Аллювиально-пролювиальные отложения поймы Днепра в районе Каева содержат тонкозернистый терригенный кальцит. Изредка здесь встречается, как и в обычных пойменных осадках, некропланктон в виде раковин некоторых гастропод. В обычных же пойменных осадках, характеризующихся слабокислой средой, карбонаты в виде крупного некропланктона *Viviparus viviparus* L. частично сохраняются от растворения только в верхних слоях разрезов. Иногда в тонкозернистых разностях пойменных осадков обнаруживаются тонко рассеянные карбонаты.

Представление о химическом составе карбонатов из наиболее обогащенных ими старично-болотных осадков р. Десны можно получить из табл. 45. Здесь количество CO_2 почти целиком приходится на CaO .

Таблица 45

Карбонатный анализ некоторых осадков р. Десны в районе Чернигова

№ образца	Осадок	CO_2	CaO	MgO	FeO	R_2O_3	Нерастворимый остаток	Сумма	Расчетные данные		
									CaCO_3	FeCO_3	Избыток CO_2 после связывания в CaCO_3
967	Старичный ил	5,89	7,24	Нет	2,12	3,90	71,78	88,81	12,92	0,55	0,21
965	То же	7,19	8,36	0,22	2,33	3,21	71,28	90,04	14,94	1,61	0,61
1022а	Болотный суглинок (мергель)	22,32	23,54	4,01	0,85	1,16	34,34	97,40	42,06	0,37	0,14

Небольшой избыток CO_2 после связи его в CaCO_3 , вероятнее всего, должен приходится на FeCO_3 (к сожалению, содержание MnO в солянокислой вытяжке неизвестно). Конечно, по приведенным в табл. 45 данным нельзя еще делать широких обобщений о составе рассеянных карбонатов в аллювиальных осадках. Впрочем, выдающаяся роль CaCO_3 среди других карбонатов вполне очевидна для большинства их фаций. Все же в некоторых старично-болотных осадках микроскопически устанавливается FeCO_3 (сидерит), количество которого вполне соизмеримо с CaCO_3 . В подавляющем большинстве образцов содержание карбонатов таково, что не позволяет определить их состав с помощью обычных химических анализов.

В целом карбонаты в современном аллювии Днепра, Десны и Оки по своему содержанию и составу существенно отличны от карбонатов в древних породах гумидных зон СССР, данные о которых сведены в монографии Н. М. Страхова (1960, т. 2, стр. 473). В частности, в ней указывается для фаций речных русел и пойм ерунаковской свиты Кузбасса значительно большее среднее содержание CO_2 (от 3,61% в алевролитах до 4,26% в песках), причем на долю FeCO_3 приходится 20—30% от общего количества карбонатов. Эти отличия, вероятно, обусловлены не только иными климатическими условиями накопления древнего аллювия, но также и существенными диагенетическими преобразованиями его впоследствии.

¹ Иногда прибрежные песчаные осадки стариц бывают настолько обогащены раковинным детритом, что превращаются в настоящие ракушечники.

Для современных осадков, находящихся еще в стадии формирования, окислительно-восстановительный потенциал (Eh) и характер активной реакции (рН) являются важнейшими показателями их общего физико-химического состояния. До сих пор рН и Eh аллювиальных осадков практически не изучались, не считая немногих работ, касающихся пойменных почв (Мерзляков и Силин, 1938; Сердобольский и Шаврыгин, 1950; Прохорова, 1957, и др.).

Выше были рассмотрены особенности распределения в фациальном профиле аллювия главных компонентов — $S_{орг}$ и CO_2 карбонатов, обуславливающих характер физико-химической среды осадков. Вопросы методики определения рН и Eh осадков были подробно разобраны в главе I.

Обобщенные данные о рН современных осадков Днепра, Десны и Оки приведены в табл. 46—48 и на фиг. 90. Из них хорошо видно, что величина рН очень близка для однотипных осадков Днепра, Десны и Оки и закономерно изменяется в фациальном профиле аллювия от русла в глубь поймы. В пределах одних и тех же фаций величина рН понижается с уменьшением крупнозернистости осадков.

Русловые пески характеризуются слабощелочной средой: их рН колеблется от 8,40 до 7,19, составляя в среднем 8,25—7,93. Осадки прибрежной фации отличаются более высокими значениями рН, чем отложения русловых отмелей. Особо следует отметить осадки заиленных частей русла (отмель, плёс), рН которых явно понижено по сравнению с отмытыми песками и чаще всего составляет от 7,1 до 7,2.

При переходе от осадков руслового типа к пойменным величины рН сильно понижаются. Особенный контраст виден при сравнении осадков прирусловых валов, еще сильно связанных с руслом, и почвенных образований фаций внутренней поймы. Для песчаных осадков указанных фаций это различие достигает в среднем 1 единицы рН, для крупноалевритовых — 1,3, а для мелкоалевритовых осадков — 1,8 единицы рН (см. фиг. 90). Пределы колебаний средних значений рН во всех гранулометрических типах осадков прирусловых валов составляют от 7,93 до 7,40. Для фации приречной поймы средние величины рН заключены в пределах от 6,91 (пески) до 6,65 (алевриты). Соответствующие значения рН для осадков внутренней поймы изменяются от 6,66 до 5,78.

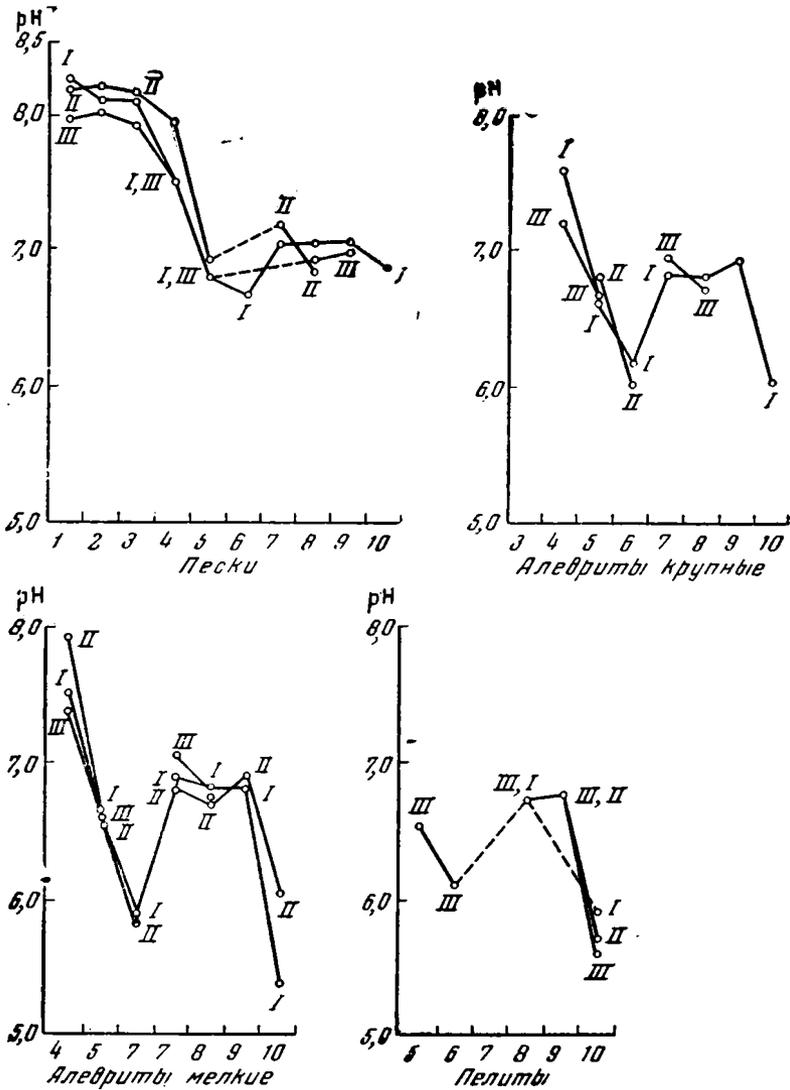
Особо следует отметить локальную фацию аллювиально-пролювиальных отложений поймы Днепра в районе Канева (см. главу II). Здесь для всех гранулометрических типов осадков зафиксированы высокие значения рН: в среднем от 8,15 до 8,09.

В вертикальном разрезе пойменных и русловых фаций особенных различий в величине рН для однородных по гранулометрическому составу осадков обычно не наблюдается. В ритмично же наслоенных собственно пойменных отложениях более темные сезонные прослойки характеризуются меньшими значениями рН, чем более светлые прослойки. О причинах таких отличий, а также о влиянии геоморфологических условий поймы на состав осадков будет сказано в дальнейшем.

Наиболее низкие значения рН характерны для болотных отложений. В среднем они составляют 6,06—5,41, а крайние зафиксированные величины падают даже до 4,31—4,43. Сходные значения рН (обычно от 5 до 5,5) в осадках луговых торфяников приведены в работе И. П. Мерзлякова и А. Г. Силина (1938).

Своеобразное положение занимают субквальные осадки старичного типа (включая сюда и осадки вторичных водоемов поймы). Примечательно то, что средние значения рН во всех гранулометрических

типах этих осадков очень близки к нейтральным и заключены в пределе 7,05—6,72. В колонках старичных осадков, как это хорошо видно из табл. 79, отмечается определенное изменение рН с глубиной: сперва



Фиг. 90. Средние значения рН в фациальном профиле современных аллювиальных осадков

Реки: I — Днепр, II — Десна, III — Ока

Фации: 1 — плёсы, 2 — перекаты, 3 — русловые отмели, 4 — прирусловые валы, 5 — приречная пойма, 6 — внутренняя пойма, 7 — вторичные водоемы, поймы, 8 — небольшие старицы и краевые части крупных стариц, 9 — центральные части крупных стариц, 10 — болотные почвы и торфяники

рН понижается (минимум обычно в верхних 10—20 см), а затем постепенно повышается и в нижних частях колонок, представленных крупными алевритами и песками, достигает 7,35—7,45.

Факторы, обуславливающие тот или иной характер рН в различных фациях и гранулометрических типах осадков аллювия, разнообразны.

рН современных аллювиальных осадков Среднего Днепра

Фации	Субфации	Гранулометрические типы осадков											
		Пески			Алевриты крупные			Алевриты мелкие			Пелиты		
		Количество образцов	рН		Количество образцов	рН		Количество образцов	рН		Количество образцов	рН	
			от — до	среднее		от — до	среднее		от — до	среднее		от — до	среднее
Пристрек- нская	Перекаатов	6	8,17—8,00	8,12	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Плѐсов	6	8,43—8,14	8,25	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Русловых отмелей		30	8,20—7,63	8,07	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Заиленных отмелей	4	7,89—7,03	7,26	1	—	7,13	1	—	7,23	—	—	—
Небольших боковых протоков		9	8,28—7,15	8,01	1	—	7,75	—	—	—	—	—	—
Прирусловых валов		36	8,10—7,00	7,55	2	7,87—7,33	7,60	1	—	7,49	—	—	—
Приречной поймы		34	7,89—6,33	6,82	23	7,86—5,42	6,63	10	7,30—6,43	6,64	—	—	—
Внутренней поймы		8	7,11—5,82	6,66	16	7,00—5,47	6,15	6	6,37—5,56	5,85	—	—	—
Небольших стариц и краевых частей крупных стариц		11	7,23—6,80	7,05	9	6,98—6,60	6,77	4	6,94—6,62	6,78	1	—	6,70
Центральных частей крупных стариц		1	—	7,05	1	—	6,93	3	6,90—6,80	6,86	—	—	—
Вторичных водоемов поймы		4	7,13—6,85	7,05	4	7,05—6,73	6,85	2	7,08—6,68	6,88	—	—	—
Болотных почв и торфяников		1	—	6,88	1	—	6,06	7	6,95—4,31	5,41	1	—	5,92
Аллювиально-пролювиальные осадки поймы		1	—	8,15	2	8,19—8,11	8,15	7	8,15—7,91	8,09	—	—	—

рН современных аллювиальных осадков р. Десны в районе Чернигова

Фации	Субфации	Гранулометрические типы осадков											
		Пески			Алевриты крупные			Алевриты мелкие			Пелиты		
		Количество образцов	рН		Количество образцов	рН		Количество образцов	рН		Количество образцов	рН	
от — до	среднее		от — до	среднее		от — до	среднее		от — до	среднее			
Пристреложневая	Перекаатов	1	—	8,17	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Плѣсов	2	8,32—8,13	8,22	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Русловых отмелей		16	8,37—7,59	8,11	1	—	7,53	—	—	—	—	—	—
	Занленных отмелей	1	—	7,15	1	—	7,13	4	7,35—7,09	7,22	—	—	—
Прирусловых валов		9	8,26—7,89	7,93	—	—	—	2	7,95—7,89	7,92	—	—	—
Приречной поймы		10	8,18—6,51	6,91	4	7,95—5,65	6,80	11	8,20—5,65	6,56	—	—	—
Внутренней поймы		—	—	—	3	6,97—5,09	6,03	10	6,20—5,05	5,78	—	—	—
Небольших стариц и краевых частей крупных стариц		4	7,04—6,70	6,88	—	—	—	6	6,85—6,60	6,72	—	—	—
Центральных частей крупных стариц		—	—	—	2	6,95—6,82	6,89	7	6,92—6,50	6,89	5	7,05—6,56	6,75
Вторичных водоемов поймы		1	—	7,20	—	—	—	3	7,10—6,69	6,82	—	—	—
Болотных почв и торфяников		—	—	—	—	—	—	1	—	6,05	3	5,78—5,55	5,68

рН современных аллювиальных осадков р. Оки в районе Спасска-Рязанского

Фации	Субфации	Гранулометрические типы осадков											
		Пески			Алевриты крупные			Алевриты мелкие			Пелиты		
		Количество образцов	рН		Количество образцов	рН		Количество образцов	рН		Количество образцов	рН	
			от — до	среднее		от — до	среднее		от — до	среднее		от — до	среднее
Пристречневая	Перекаатов	1	—	8,01	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Плёсов	1	—	7,95	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Микрофация заиленных плёсов	2	7,14—7,07	7,10	—	—	—	—	—	—	3	7,14—6,93	7,00
Русловых отмелей		21	8,40—7,19	7,93	1	—	7,52	—	—	—	—	—	—
	Заиленных отмелей	1	—	7,56	—	—	—	1	—	7,52	2	7,58—7,49	7,54
Прирусловых валов		8	7,68—6,81	7,48	—	—	7,21	3	7,49—7,34	7,40	—	?	?
Приречной поймы		5	7,66—6,25	6,77	2	6,77—6,58	6,68	9	7,60—6,07	6,62	9	7,47—5,74	6,56
Внутренней поймы		—	—	—	—	—	—	—	—	—	20	7,01—5,35	6,11
Небольших стариц и краевых частей крупных стариц		2	6,95—6,90	6,93	1	—	6,71	2	6,73—6,71	6,72	10	7,13—6,39	6,73
Центральных частей крупных стариц		2	7,06—6,90	6,98	—	—	—	—	—	—	20	7,13—6,39	6,73
Вторичных водоемов поймы		—	—	—	1	—	6,95	1	—	7,06	—	—	—
Болотных почв и торфяников		—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	6,23—4,43	5,60

В субаквальных осадках старичного типа величина рН определяется главным образом интенсивностью и характером бактериальной деятельности, приводящей к разложению органического вещества с выделением различных конечных продуктов. Из последних CO_2 , органические кислоты, H_2S и другие подкисляют среду осадков, а такие продукты, как NH_3 , подщелачивают ее. Существенное значение имеет состав исходных органических соединений. Так, типичные углеводы в аэробных условиях не дают щелочных продуктов разложения. Протеины же в числе многих конечных продуктов могут дать NH_3 , который подщелачивает среду осадков. Бактериальная деятельность захватывает также определенные неорганические соединения. К примеру, некоторые аэробные бактерии окисляют аммиак в нитриты и нитраты, а сульфиды и серу — в сульфаты, что приводит к подкислению среды осадков.

Из абиогенных факторов, влияющих на рН старичных осадков, наибольшая роль принадлежит щелочному резерву. Этот последний определяется количеством растворенных в иловой воде карбонатов и бикарбонатов, которое зависит от парциального давления CO_2 . К. Эмери и С. Риттенберг (Emery a. Rittenberg, 1952) полагают, что прямое влияние на рН осадков оказывают также реакции обмена основаниями, которые захватывают различные глинистые минералы, а также катионы в поровой воде. Влияние последних факторов, очевидно, невелико, особенно для осадков пресноводных водоемов.

В целом рН субаквальных старичных осадков зависит преимущественно от количества CO_2 , образующейся при разложении органического вещества, и от количества растворенных в поровой воде карбонатов. Система $\text{CO}_2 = \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-}$ наиболее забуферена в старичных илах при рН от 6,7 до 6,9. Заметные отклонения рН от этих величин наблюдаются либо в песках с малым содержанием $\text{C}_{\text{орг}}$ и CO_2 (слабощелочная среда с рН до 7,4), либо в илах с малым содержанием карбонатов и большим количеством легко разлагаемого $\text{C}_{\text{орг}}$ (рН среды в этом случае может понижаться до 6,5—6,4).

Все сказанное выше в отношении старичных осадков вполне применимо и к заиленным осадкам русел. Величина рН здесь также определяется соотношением CO_2 и растворенных карбонатов. Однако большое значение имеет и другой фактор — условия залегающих осадков. Дело в том, что заиленные осадки русел, особенно в пределах плёсовых ложбин, представляют довольно эфемерные маломощные образования. Вследствие этого CO_2 , генерируемая при бактериальном разложении органического вещества, быстро удаляется, а относительно высокое содержание карбонатов в этих осадках обуславливает слабощелочную их среду (рН обычно составляет 7,1—7,2, но нередко повышается до 7,5).

В песчаных русловых осадках органическое вещество содержится в количестве сотых и немногих десятых долей процента и обычно представлено устойчивым к разложению растительным детритом. Это обстоятельство совместно с хорошей вентиляцией песков исключает возможность нахождения в них сколько-нибудь заметных количеств CO_2 . С другой стороны, небольшое, но постоянное присутствие обломочного карбонатного материала приводит к созданию в этих песках слабо забуференной щелочной среды со средними значениями рН от 8,2 до 8,9. Обращает на себя внимание то, что песчаные русловые осадки Десны имеют более высокие значения рН по сравнению с аналогичными осадками Днепра и Оки, что прямо коррелируется с содержанием карбонатов в этих осадках.

Болотные и собственно пойменные отложения обычно некарбонатны, зато содержат достаточное количество гумуса, в частности гуми-

новых кислот и фульвокислот. Эти соединения обуславливают слабощелочную и кислую среду рассматриваемых осадков, особенно в местах интенсивной инфильтрации вод. К болотным осадкам, залегающим в верхних частях разрезов старичных линз, часто приурочены очаги агрессивных грунтовых вод, что важно учитывать при гидротехническом строительстве.

Аномально высокие значения рН (≥ 8) в аллювиально-пролювиальных отложениях поймы Днепра в районе Канева связаны с наличием в них заметного количества (2—3%) рассеянных карбонатов.

Характер пойменных осадков, в частности их рН, во многом зависит от геоморфологических условий поймы. Из табл. 49 хорошо видно, что осадки межгривных ложбин имеют, как правило, более тонкозернистый состав, содержат больше $S_{орг}$ и характеризуются более низкими величинами рН, чем однотипные осадки на гривах. Различия в содержании $S_{орг}$ отражают, очевидно, не только вызванные механической дифференциацией исходные соотношения, зависящие от гранулометрического состава осадков (более тонкозернистые осадки содержат больше $S_{орг}$), но также и наложенные процессы накопления автохтонного органического материала. Вследствие более близкого уровня грунтовых вод межгривные ложбины оказываются более увлажненными по сравнению с гривами, что приводит к более интенсивному развитию в них травянистой и другой растительности, обогащающей почву органическим веществом после своего отпада. Более интенсивно развиты здесь и другие процессы почвообразования. На понижение величины рН в отложениях межгривных ложбин влияет не только повышенное количество $S_{орг}$, но и большая его разложенность вследствие более интенсивного промывания этих отложений инфильтрующимися водами.

Рассмотрим теперь характер окислительно-восстановительного потенциала (Еh) в главных фациальных обстановках аллювия. Как уже указывалось в главе I, наиболее стабильные сезонные значения Еh характерны для субаквальных осадков старичного типа. В субаэральных пойменных осадках величина Еh подвержена значительным колебаниям даже в течение сравнительно небольших периодов времени. Болотные и субаквальные русловые осадки занимают в этом отношении промежуточное положение между пойменными и старичными.

Среда осадков старичного типа имеет в целом хорошо выраженный восстановительный характер. В этих осадках обычно наблюдается отчетливое понижение Еh параллельно с уменьшением крупности частиц, слагающих осадки, и особенно с увеличением содержания в них органического вещества. Зависимость величины Еh от содержания $S_{орг}$ для поверхностного слоя осадков (от 0 до 30—40 см) хорошо видна на фиг. 91.

Песчаные старичные осадки, в которых содержание $S_{орг}$ обычно не превышает 0,5%, характеризуются значениями Еh, близкими к нейтральным (в среднем от +82 mv до —18 mv; см. табл. 50—52). В алевритовых илах величины Еh обычно всегда отрицательны (в среднем от —16 mv до —67 mv) и так же, как и в песках, обнаруживают ясную зависимость от содержания $S_{орг}$. В глинистых илах эта зависимость выражена менее четко (см. фиг. 91). Значения Еh глинистых илов составляют в среднем от 51 до 73 mv, а наиболее низкие зафиксированные значения Еh достигают от —114 до —123 mv.

В вертикальном разрезе старичных осадков величины Еh определенным образом изменяются с глубиной. Это хорошо видно из описания колонок старичных осадков, приведенного в табл. 53. Верхняя часть этих колонок обычно представлена темными, с буроватым оттенком илами. Величины Еh в них, как правило, не опускаются ниже —60 mv. Самая верхняя окисленная пленка илов в разрезах колонок

Влияние микрорельефа поймы на характер однотипных осадков

Место взятия образ- цов	Фация	Грива							Межгривная ложбина						
		№ образца	Осадок	<i>Md</i> , <i>мм</i>	<i>S</i> ₀	<i>C</i> _{орг.} %	pH	Eh (<i>mV</i>)	№ образца	Осадок	<i>Md</i> , <i>мм</i>	<i>S</i> ₀	<i>C</i> _{орг.} %	pH	Eh (<i>mV</i>)
Днепр в районе Днепрово-Каменки	Приречная пойма	806	Песок м/з, светлый	0,16	1,20	0,08	7,67	—	800	Песок м/з, светлый	0,17	1,21	0,13	7,02	—
	То же	805	Песок м/з, темный	0,11	1,94	0,20	7,63	—	801	Алеврит темный	0,03	2,29	0,68	6,84	—
	» »	908	Песок м/з, светлый	0,14	1,23	0,11	7,89	—	903	Песок м/з, светлый	0,12	1,28	0,18	7,66	—
	» »	907	Алеврит темный	—	—	0,52	7,28	—	904	Алеврит темный	0,04	2,52	0,67	6,63	—
	Внутренняя пойма	909	Алеврит (погребенная почва)	0,05	2,62	0,94	6,95	—	906	Алеврит (погребенная почва)	0,02	3,53	1,64	5,76	—
	То же	818	Алеврит (погребенная почва)	—	—	0,86	6,62	402	811	Алеврит (погребенная почва)	—	—	0,78	6,60	625
Днепр в районе Канева	Приречная пойма	578	Алеврит	0,04	1,70	0,74	7,90	—	646	Алеврит	—	—	0,98	7,54	—
	Внутренняя пойма	538	Алеврит (погребенная почва)	0,05	1,51	0,88	6,00	—	647	Алеврит (погребенная почва)	—	—	0,92	5,30	—
Десна в районе Чернигова	Приречная пойма	1034	Алеврит светлый	0,04	2,64	0,10	5,95	—	1032	Алеврит светлый	0,03	3,56	0,23	5,65	—
	То же	1033	Алеврит темный	0,03	2,01	0,15	5,93	—	1031	Алеврит темный	0,03	2,09	0,58	5,65	—
	» »	1039	Алеврит светный	0,06	1,86	0,11	8,27	—	1035	Алеврит светлый	0,04	1,86	0,13	6,51	—
	» »	1038	Алеврит темный	0,03	1,94	0,28	7,91	—	1036	Алеврит темный	0,03	1,96	0,77	6,31	—
	Внутренняя пойма	1040	Алеврит (погребенная почва)	0,02	2,50	0,65	6,94	588	1037	Алеврит (погребенная почва)	0,012	2,75	0,80	6,05	452
	Ока в районе Сласска-Ря- занского	Приречная пойма	721a	Алеврит светлый	0,014	3,16	0,71	7,12	643	721	Пелит светлый	0,009	3,71	0,73	6,37
То же		720a	Пелит темный	0,007	3,39	0,87	6,91	585	720	Пелит темный	0,007	3,54	1,04	6,40	607
» »		723a	Алеврит светлый	0,028	3,17	0,51	7,27	562	723	Алеврит светлый	0,024	2,88	0,55	6,42	633
» »		722a	Алеврит темный	0,017	3,37	0,67	6,99	555	722	Алеврит темный	0,013	3,71	0,70	6,34	640
Внутренняя пойма		1093	Пелит (погребенная почва)	0,010	4,17	1,68	6,55	—	1090	Пелит (погребенная почва)	0,004	?	—	6,31	—
То же		1133	Пелит (почва)	—	—	—	6,03	—	1136	Пелит (почва)	—	—	—	5,89	—

не наблюдается, так как имеет очень небольшую мощность (доли сантиметра?), и вследствие этого расплескивается при взятии колонок. Наиболее низкие отрицательные значения E_h (77—123 *mv*) обычно фиксируются в пределах 10—20 *см* от поверхности осадков. Далее вниз по разрезу E_h постепенно понижается до значений, близких к нейтральным и даже достигает положительных величин (до +125 *mv*) в песчаных разностях осадков. Низкие значения E_h в колонках осадков в целом коррелируются с высоким содержанием в них $C_{орг}$. Однако есть и немало исключений, касающихся осадков либо из нижних, либо из самых верхних частей колонок.

В первом случае аномалии обусловлены, очевидно, существенно отличным групповым составом органического вещества и малым содержанием в нем легко разлагающихся соединений (таких, как белки, сахара, клетчатка и др.). Во втором случае относительно невысокие значения E_h связаны с близостью осадков к окисленной пленке на поверхности дна.

Принято считать, что главнейшим фактором, обуславливающим характер окислительно-восстановительной среды (E_h) в осадках, является деятельность бактерий, разлагающих органическое вещество. Бактериальная деятельность может начаться при относительно высоких (положительных) значениях E_h и привести в конечном итоге к сильному понижению E_h . Вероятно, бактерии играют также роль биокатализаторов: в их присутствии быстро протекают такие реакции, которые в других условиях были бы заторможены. Кроме различных анаэробных и факультативно-анаэробных бактерий восстановительная среда в осадках может поддерживаться некоторыми органическими соединениями, а также Fe^{2+} , Mn^{2+} , H_2S и др. Указать конкретные окислительно-восстановительные системы и их соотношения, определяющие E_h осадков, обычно невозможно. К. Эмери и С. Риттенберг (Emery a. Rittenberg, 1952) полагают, что измеренные величины E_h осадков, возможно, отражают только временное равновесие между теми компонентами, которые способны вступать в быстрые химические реакции при установлении существующих в данный момент условий. Поэтому даже если окислительно-восстановительная система осадка может оказаться относительно стабильной, настоящего равновесия в термодинамическом смысле может не существовать. Следует иметь также в виду, что измеряемые величины E_h характеризуют только направленность окислительно-восстановительных процессов¹, их напряженность, но не являются показателем их емкости.

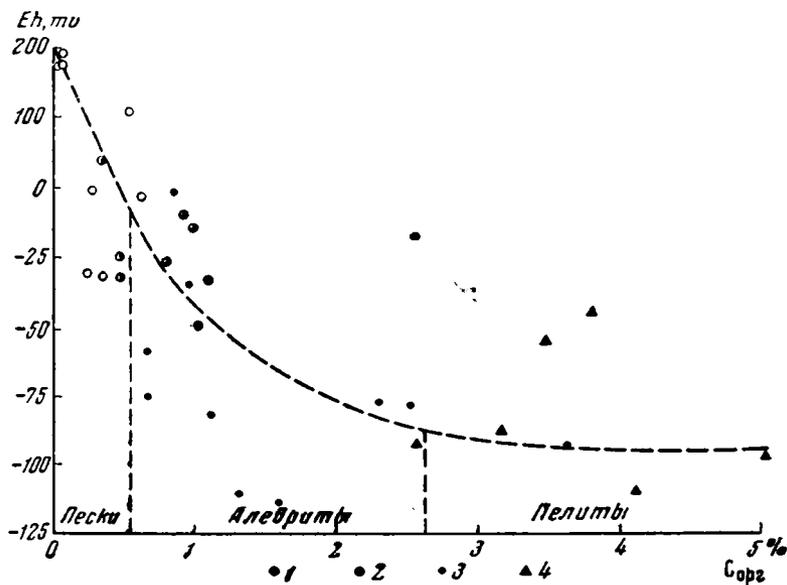
Приведенные выше числовые характеристики E_h и pH осадков старичного типа очень близки к цифрам, указываемым в лимнологической литературе. По данным С. И. Кузнецова (1935, 1949), в илах ряда пресноводных озер средней полосы СССР величины E_h не опускаются ниже —150 *mv*, составляя в среднем около —60 *mv*. Наиболее низкие значения E_h в илах приходится обычно на интервал 10—30 *см* от их поверхности.

Существенно отличные значения имеют E_h и pH в осадках водоемов иного гидрохимического типа — солоноватоводных и нормально-морских. Так, в илах Черного и Азовского морей, а также заливов Таманского полуострова отмечаются следующие средние величины E_h : —112 *mv* при $C_{орг} = 1—2\%$, —167 *mv* ($C_{орг} = 2—4\%$), —195 *mv* ($C_{орг} = 5,5—9,5\%$). Наиболее низкие зарегистрированные значения E_h опускаются даже до —295 *mv* (Савич, 1950, стр. 162). pH этих илов в среднем составляет от 8,00 до 7,76. Сходные величины pH и E_h указываются для морских осадков

¹ Вероятно, некоторые системы, существующие в осадках в состоянии окисления, имеют не менее низкие значения E_h , чем другие системы, находящиеся там же в восстановленном состоянии.

(Emery a . Rittenberg, 1952; ZoBell, 1946, и др.). Правда, в некоторых случаях величины Eh являются, по всей вероятности, неестественно заниженными (до $-500 mv$, по данным Зобелла), на что уже обращалось внимание в главе I.

Причины резких отличий pH и Eh осадков пресноводных и морских водоемов кроются, очевидно, в гидрохимическом различии их вод. Как



Фиг. 91. Зависимость величины Eh от содержания $C_{орг}$ в осадках современных водоемов старичного типа.

1 — пески; 2 — илы крупноалевритовые; 3 — илы мелкоалевритовые; 4 — илы глинистые

указывает Н. М. Страхов (Страхов и др., 1954, стр. 566), «величины pH осадков определяются величинами pH водной массы с той поправкой, что величина активной реакции в осадках обычно несколько (иногда значительно) ниже активной реакции воды»¹. Что касается существа различий в величинах Eh осадков морских и пресноводных водоемов, то они пока недостаточно выяснены. Дело в том, что, несмотря на меньшее содержание органического вещества, в особенности легко разлагаемого, а также на значительно меньшее бактериальное население, морские илы характеризуются по сравнению с илами небольших пресноводных водоемов более низкими величинами Eh . Можно предположить, что весьма существенным фактором, способствующим особенному понижению Eh морских осадков, является деятельность бактерий — десульфатизаторов, выделяющих H_2S . В илах пресноводных водоемов данный процесс развит в несравнимо меньшей степени в связи с ничтожным содержанием в них сульфатов и серы.

Перейдем теперь к характеристике Eh других фациальных типов аллювия. В этом отношении к осадкам водоемов старичного типа наиболее близки осадки заиленных частей русла (отмель, плёс), в которых

¹ Для многих аллювиальных осадков, в основном песчаных, имеет место как раз обратное соотношение, в чем можно было убедиться из приведенных ранее данных (табл. 46—48).

Окислительно-восстановительный потенциал (Eh) современных аллювиальных осадков Среднего Днепра (в мВ)

Фации	Субфации	Гранулометрические типы осадков													
		Пески				Алевриты крупные				Алевриты мелкие				Пелиты	
		Количество образцов	Eh (мВ)			Количество образцов	Eh (мВ)			Количество образцов	Eh (мВ)			Количество образцов	Eh (мВ) среднее
			от	до	среднее		от	до	среднее		от	до	среднее		
Пристреложневая	Перекаатов	4	533	384	450	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Плѣсов	5	475	230	398	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Руслowych отмелей		6	523	280	451	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	заилненных отмелей	—	—	—	—	1	—	—	32	1	—	—	—20	—	—
Прируслowych валов		1	—	—	623	1	—	—	594	—	—	—	—	—	—
Приречной поймы		2	628	600	614	2	590	530	560	—	—	—	—	—	—
Внутренней поймы		3	632	572	611	5	653	455	601	2	625	402	514	—	—
Небольших стариц и краевых частей крупных стариц		6	168	—31	67	2	—5	—27	—16	3	—53	—80	—67	1	—95
Центральных частей крупных стариц		1	—	—	—10	1	—	—	—25	3	—35	—111	—64	—	—
Вторичных водоемов поймы		—	—	—	—	3	—17	—38	—27	4	—14	—44	—25	—	—
Болотных почв и торфяников		1	—	—	378	1	—	—	374	3	375	135	289	—	—

Окислительно-восстановительный потенциал (Eh) современных аллювиальных осадков Десны в районе Чернигова (в *mφ*)

Фации	Субфации	Гранулометрические типы осадков															
		Пески				Алевриты крупные				Алевриты мелкие				Пелиты			
		Количество образцов	Eh (<i>mφ</i>)			Количество образцов	Eh (<i>mφ</i>)			Количество образцов	Eh (<i>mφ</i>)			Количество образцов	Eh (<i>mφ</i>)		
			от	до	среднее		от	до	среднее		от	до	среднее		от	до	среднее
Пристречная	Перекатов	1	—	—	358	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Плёсов	1	—	—	308	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Русловых отмелей		3	400	385	407	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Заилненных отмелей	—	—	—	—	2	85	6	46	—	—	—	—	—	—	—	—
Прирусловых валов		2	680	664	672	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Приречной поймы		1	—	—	624	2	624	600	612	—	—	—	—	—	—	—	—
Внутренней поймы		—	—	—	—	—	—	—	—	4	615	530	578	—	—	—	—
Небольших стариц и краевых частей крупных стариц		2	43	32	37	1	—	—	-38	5	1	-82	-49	—	—	—	—
Центральных частей крупных стариц		2	38	-3	17	4	41	-77	-15	8	-5	-114	-44	6	-33	-123	-61
Вторичных водоемов поймы		—	—	—	—	—	—	—	—	2	-28	-60	-48	—	—	—	—
Болотных почв и торфяников		—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	452	3	240	181	211

Окислительно-восстановительный потенциал (Eh) современных аллювиальных осадков Оки в районе Спасска-Рязанского (в мв)

Фацции	Субфацции	Гранулометрические типы осадков															
		Пески				Алевриты крупные				Алевриты мелкие				Пелиты			
		Количество образцов	Eh (мв)			Количество образцов	Eh (мв)			Количество образцов	Eh (мв)			Количество образцов	Eh (мв)		
от	до		среднее	от	до		среднее	от	до		среднее	от	до		среднее		
Пристреленная	Перекаатов	2	430	390	410	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Плѣсов	1	—	—	395	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Микрофацция заиленных плѣсов	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	-42	4	58	-117	-32
Русловых отмелей		4	578	271	424	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Заиленных отмелей	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	102	20	61
Прирусловых валов		4	678	637	664	1	—	—	680	—	—	—	—	—	—	—	—
Приречной поймы		—	—	—	—	1	—	—	609	8	680	560	637	3	620	607	612
Внутренней поймы		—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	640	6	671	617	—
Небольших стариц и краевых частей крупных стариц		3	125	-14	82	1	—	—	-14	1	—	—	-25	10	-9	-114	-51
Центральных частей крупных стариц		1	—	—	-18	1	—	—	-55	1	—	—	-20	15	-62	-109	-73
Вторичных водоемов поймы		—	—	—	—	1	—	—	-65	1	—	—	-33	—	—	—	—
Болотных почв и торфяников		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	583	211	350

Состав современных старичных осадков в вертикальном разрезе

Место отбора образцов	Глубина от поверхности дна, см	№ образца	Осадок	Влажность, %	pH	Eh (mv)	Сорг., %	Fe _{вал.} %	Fe _{т.раств.} / Fe _{с.раств.} %	СО ₂ карб. %
Пойма р. Оки у г. Спасска-Рязанского. Центральная часть южного отвешка оз. Спасского. Глубина 3 м	0—10	1059	Ил глинистый, черный	74,86	6,87	-25	3,57	6,65	88,0	0,70
	10—20	1060	То же, более плотный	—	6,83	-81	2,26	—	—	0,59
	20—30	1061	Ил мелкоалевритовый, темно-серый	53,72	6,54	-93	2,58	5,53	91,7	0,23
	30—40	1062	То же, с небольшой примесью м/з песка	—	6,71	-25	1,42	—	—	0,01
	40—50	1063	Песок м/з, темно-серый, заиленный	—	6,80	-14	0,69	—	—	0,07
	50—60	1064	Песок м/з, буровато-серый	—	7,33	125	0,21	—	—	0,20
	60—80	1065	То же, с примесью обугленных растительных остатков	19,75	7,43	107	0,55	0,63	61,9	1,12
Пойма р. Оки у г. Спасска-Рязанского. Центральная часть оз. Круглого. Глубина 4,5 м	0—10	1148	Ил глинистый, черный, с буроватым оттенком	83,10	6,72	-62	9,26	3,98	89,0	3,22
	10—20	1149	То же, более темный и плотный	75,02	6,56	-111	4,11	4,78	83,2	Нет
	20—30	1150	То же	70,71	6,54	-45	3,80	4,59	84,8	0,34
	30—40	1151	» »	—	6,59	-36	3,74	—	—	0,17
	40—50	1152	» »	—	6,66	-59	3,06	—	—	0,07
	50—60	1153	То же, более плотный и светлый, с псевдоморфозами вивианита по растительным остаткам	65,97	7,00	-24	4,74	5,09	85,9	0,72
	60—70	1154	Ил глинистый, темно-серый, со слабым буроватым оттенком	—	7,06	-11	4,40	—	—	0,13
	70—80	1155	То же, состоящий из мелких комочков	—	7,35	-5	14,03	—	—	12,38
	80—90	1156	То же, более светлый, сильно карбонатный	—	7,35	-1	5,81	3,82	70,0	16,92
Пойма р. Десны у г. Чернигова. Центральная часть оз. Долоховатого. Глубина 4 м	0—10	956	Ил мелкопесчаный, серый	35,23	6,86	-40	1,03	1,36	86,7	1,45
	10—20	957	Ил мелкоалевритовый, зеленовато-серый	52,36	6,85	-77	4,93	1,76	91,4	4,93
	20—30	958	То же, более т/з, темно-серый	62,47	6,99	-29	3,67	2,63	92,7	4,85

Таблица 53 (продолжение)

Место отбора образца	Глубина от поверхности дна, см	№ образца	Осадок	Влажность, %	pH	Eh (mv)	Сорг, %	Fe _{вал} , %	$\frac{Fe^{2+} \text{раств}}{Fe \text{раств}}$, %	CO ₂ карб, %
Пойма р. Десны у г. Чернигова, в 2 км к СВ от д. Еньков. Центральная часть старицы. Глубина 5,5 м	30—40	958а	То же, более к/з и плотный	—	6,91	—10	—	—	—	—
	40—50	958б	Ил крупногалеритовый, серый	—	6,95	—18	—	—	—	—
	50—65	959	То же, более светлый	20,39	7,24	—25	0,27	0,59	87,0	0,87
	65—80	960	Песок м/з, серый с мелкими обломками раковин	19,45	7,27	41	0,35	1,25	—	2,43
	80—100	961	Песок м/з, светлый серый	—	7,30	38	—	—	—	—
	100—120	962	То же, более к/з	15,57	7,46	73	0,03	0,48	43,8	0,55
	0—10	965	Ил глинистый, буровато-серый, с мелкими обломками раковин	78,63	6,79	—33	3,44	3,75	80,0	7,19
	10—20	966	Ил глинистый, желеноватого-серый	—	6,41	—123	—	—	—	6,81
	20—30	967	То же, более плотный	59,45	6,63	—55	3,48	3,15	77,5	5,89
	30—40	968	Ил мелкогалеритовый, темно-серый	—	6,50	—18	—	—	—	1,56
40—50	969	То же	—	6,63	—5	—	—	—	—	
50—60	970	Ил крупногалеритовый, серый	34,47	6,50	—3	0,64	1,67	73,2	0,68	
60—70	970а	То же	—	6,65	—3	—	—	—	—	
70—80	970б	То же, более к/з, с обломками раковин	27,03	6,80	—1	0,14	0,46	60,0	4,23	
Пойма р. Десны у г. Чернигова, в 2 км к СВ от д. Еньков. Центральная часть старицы. Глубина 5,5 м	0—10	976	Ил мелкогалеритовый, темно-серый	69,06	6,86	—114	1,60	3,81	—	0,38
	10—20	977	То же	56,99	6,75	—93	3,63	3,01	91,3	0,43
	20—30	978	То же, более плотный	—	6,75	—34	—	—	—	—
	30—40	979а	То же	48,50	6,92	—14	2,58	3,60	91,3	0,65
	40—50	979б	Ил крупногалеритовый, серый	—	6,95	—20	—	—	—	—
	50—60	980а	То же, более к/з, с редкими обломками раковин	26,02	6,85	—2	0,86	1,86	80,4	1,15
	60—70	980б	Песок м/з, серый	—	7,15	14	—	—	—	—
	0—10	1203	Ил мелкогалеритовый, серый	—	6,89	—35	0,97	4,33	—	2,52
	10—20	1204	Ил мелкогалеритовый, темно-серый	51,35	6,80	—111	1,31	4,65	89,5	2,08
	20—30	1205	Ил крупногалеритовый, темно-серый	—	7,03	—25	—	0,78	—	1,50
30—40	1206	Песок м/з, серый заилennyй	31,70	7,05	—10	0,93	2,86	81,6	1,36	
Пойма р. Днепра у г. Канева. Центральная часть старицы-затона на правом берегу Днепра. Глубина 5 м										

Место отбора образцов	Глубина от поверхности дна, см	№ образца	Осадок	Влажность, %		pH	Eh (mv)	Сорг. %	Fe _{вал.} %	Fe-раств., %		СО _{жарб.} %
										Fe ⁺ -раств.	Fe ²⁺ -раств.	
Пойма Днепра в районе Днепровско-Каменки. Старица-затон на правом берегу Днепра. Глубина 1, 2 м	0—10	916	Ил мелкоалевритовый, зеленовато-серый	—	6,75	—60	1,22	3,90	94,3	—	0,36	
	10—20	917	Песок м/з, зеленовато-серый, заиленный	—	7,01	5	0,07	0,28	—	—	Нет	
	20—30	918	Песок с/з—м/з, буровато-серый	—	7,13	27	—	—	—	—	—	
	30—40	919	Песок м/з, буровато-серый	—	7,05	84	—	—	—	—	—	
	40—50	920	То же	—	7,21	168	—	—	—	—	—	
	50—60	921	» »	—	7,25	170	—	—	—	—	—	
	60—70	922	» »	—	7,30	175	—	—	—	—	—	

отмечаются как отрицательные (в среднем до $-32 mv$), так и положительные (в среднем от 46 до $61 mv$) значения Eh. Предельные же зафиксированные величины Eh осадков колеблются здесь от 102 до $-117 mv$. Существенной особенностью осадков заиленных участков русла является малая их мощность, а также эфемерность существования по сравнению с осадками старичного типа. Причины, обуславливающие характер Eh в этих двух фациальных типах осадков, сходны.

Что касается хорошо отмытых песчаных осадков русла, то они всегда характеризуются высокими положительными значениями Eh: от 230 до $538 mv$ (в среднем от 398 до $451 mv$). Можно отметить некоторое понижение величины Eh в песчаных осадках глубоких плёсовых ложбин по сравнению с аналогичными по крупности осадками перекатов и русловых отмелей.

Очевидно, во время летней межени (замеры производились в это время) осадки плёсов подвержены наиболее слабому перемишу и вследствие этого хуже аэрируются.

Окислительно-восстановительная среда осадков болотного типа изучена еще слабо. Данные на этот счет, которые имеются в распоряжении автора, характеризуют лишь летний период. Насколько можно судить по этим немногим данным, среда болотных осадков, находящаяся в состоянии достаточного и даже избыточного увлажнения, обычно всегда окислительная. Величины Eh в осадках составляют в среднем от 211 до $350 mv$. Зафиксированные автором нижние значения Eh достигают $135 mv$. И. П. Мерзляков и А. Г. Силин (1938) указывают, что в некоторых луговых торфяниках Eh может достигать нейтральных и даже отрицательных величин (правда, некоторые из этих данных сильно занижены). В целом Eh болотных осадков явно выше Eh старичных и сильно заиленных русловых осадков. Это, очевидно, связано с более слабой бактериальной деятельностью, а также меньшей разлагаемостью органического вещества в болотных осадках. Вероятно, заметную роль в повышении Eh играет также кислая среда болотных почв и торфяников.

Осадки пойменного типа подавляющую часть года находятся в субаэральных условиях и поэтому характеризуются высокими значениями Eh — обычно от 400 до $700 mv$. В рассматриваемых осадках сильно

затушевывается обычная зависимость величины E_h от гранулометрического состава осадков и содержания в них $S_{орг}$, которая столь характерна для субаквальных осадков. Все же из табл. 50—52 можно видеть, что среди пойменного аллювия наиболее высокие значения E_h наблюдаются в песчаных осадках фации прирусловых валов, а наиболее низкие — в обогатенных органическим веществом мелкоалевритовых и пелитовых осадках фации внутренней поймы.

Величины E_h в пойменных отложениях существенно зависят от степени их увлажнения. По данным автора, более увлажненные осадки имеют обычно более высокие значения E_h . Это можно заключить из табл. 49 при сравнении осадков грив и межгривных ложбин поймы. Такой же вывод о влиянии влажности на величину E_h в почвах был сделан раньше Н. Фольком (Volk, 1939). Однако данные ряда других исследователей (Кононова, 1932; Сердобольский, 1940; Сердобольский и Шаврыгин, 1950; Прохорова, 1957, и др.), наоборот, показывают, что увлажнение почв приводит к понижению E_h . Объяснить указанные расхождения нетрудно. Одно из возможных объяснений, данное Фольком, заключается в следующем. Дождевая влага содержит много растворенного кислорода и, попадая в почву, окисляет имеющиеся там восстановленные соединения, что приводит к повышению E_h почвы. Несколько позже усиливается деятельность бактерий, уменьшающая количество кислорода в почве и обуславливающая понижение E_h . Это продолжается до тех пор, пока бактериальная деятельность не затухнет вследствие уменьшения влажности или использования наиболее легко разлагаемой органики.

Большое влияние на величину E_h в осадках оказывает не только степень увлажнения, но и его способ. Так, М. Кононова (1932) показала, что E_h почв при капиллярном увлажнении остается на одном уровне (примерно 660 mv) в течение нескольких суток, тогда как при некапиллярном увлажнении E_h почв резко падает (от 670 до 130 mv).

В годичном цикле E_h субаэральных пойменных осадков, очевидно, претерпевает значительные колебания, связанные обычно с различной степенью их увлажнения. Интересные в этом отношении данные были получены З. А. Прохоровой (1957) при изучении почв поймы р. Москвы. В течение первого периода наблюдений (7—8 месяцев) величина E_h колебалась в пределах 350—400 mv в почвах приречной поймы, 350—500 mv в почвах внутренней поймы и 200—250 mv в переувлажненных почвах притеррасной поймы. На следующий год, в условиях жаркого и сухого лета, величина E_h в почвах была повсеместно повышенной и обычно составляла 400—500 mv в почвах внутренней и приречной поймы. Наименьшие же зафиксированные значения E_h (до 75 и даже 50 mv) в сильно переувлажненной почве притеррасной поймы наблюдались в течение 1—1,5 месяца, а затем они повышались до 300—500 mv .

Приведенные данные, а также косвенное сравнение с гидрогенными болотными почвами позволяют прийти к заключению, что в обычных пойменных осадках, в том числе и почвах, ярко выраженные анаэробные процессы заметного развития не достигают. Вполне вероятно, что даже в периоды весенних затоплений величины E_h в пойменных отложениях, как правило, не опускаются в область отрицательных значений. Этому заключению не противоречит наличие широко наблюдаемых в пойменных отложениях следов глееобразования. Как показано И. П. Сердобольским (1950), глеевые процессы с редукцией Fe^{3+} в Fe^{2+} могут развиваться при E_h около 200 mv и ниже. Минимальные значения E_h , зафиксированные в глеевых горизонтах почв болотного типа, составляют от 70 до 30 mv . Отрицательные же величины E_h не

были обнаружены. Тем не менее в пойменных отложениях, обычно тонкозернистых по составу и обогащенных $S_{орг}$, часто содержатся в небольшом количестве аутигенные сульфиды железа (гидротроилит, пирит). Это говорит о возможности создания локальных анаэробных условий ($Eh < 0$), обусловленных, вероятнее всего, разложением трупов мелких организмов (насекомых, личинок, червей и других, которые во множестве находятся в осадках и почвах) с выделением H_2S .

Факторы, обуславливающие Eh субаэральных пойменных осадков, достаточно разнообразны. В хорошо аэрируемых осадках Eh близок к потенциалу растворенного в воде кислорода¹. Играет роль также соотношение окисленных и восстановленных компонентов в системах $Fe^{3+} \rightleftharpoons Fe^{2+}$ и $Mn^{4+} \rightleftharpoons Mn^{2+}$. И. П. Сердобольский (1940) считает, что системой, определяющей потенциал в почвах с достаточным содержанием гумуса, является одна из обратимых органических систем почвы. Вопрос этот пока еще недостаточно выяснен. В общем же для наших целей можно принять, что Eh субаэральных осадков обуславливается главным образом двумя противоположными факторами: 1) внесением в осадки инфильтрующимися водами и диффузным путем кислорода и 2) поглощением кислорода в результате деятельности бактерий и микроорганизмов, разлагающих органическое вещество.

Остановимся кратко на соотношении pH и Eh в осадках. Многие исследователи (Савич, 1950; Кузнецов, 1935, и др.) объединяют pH и Eh в один показатель gH . Однако следует учитывать, что показатель gH , введенный В. Кларком (Clark, 1928), может быть применен только для ограниченного количества простых обратимых окислительно-восстановительных систем, для которых имеет место следующая зависимость: $gH = \frac{Eh + 0,06pH}{0,03}$ (при $30^\circ C$). Употребление же термина gH для

характеристики таких сложных окислительно-восстановительных систем, как почвы, осадки, не оправдано. На это указывает, в частности, Зобелл, который в результате определения pH и Eh более чем 1000 образцов пришел к выводу, что «постоянных соотношений между pH и Eh в морских осадках нет, если не считать в общем, что Eh зависит от pH » (ZoBell, 1946, стр. 503). Зобелл произвел интересные эксперименты с образцами морских илов. Разбавляя илы деаэрированной кипячением морской водой и прибавляя HCl или $NaOH$, он обнаружил, что Eh понижается в среднем на 61 mv на каждую единицу pH при увеличении pH от 3 до 10. Этот средний градиент удивительно совпадает с теоретическим (60 mv) для простых систем при $30^\circ C$.

Итак, соотношения pH и Eh в осадках, в том числе аллювиальных, достаточно разнообразны и часто неопределенны. Однако в некоторых случаях все же удается обнаружить ясную связь pH и Eh . Это прежде всего относится к тонкозернистым старичным илам, в которых наиболее низкие значения pH и Eh обычно совпадают, будучи приуроченными к интервалу верхних 10—20 cm колонок. Указанный интервал характеризуется как раз максимальной деятельностью анаэробных бактерий, генерирующих наибольшее количество CO_2 , которая подкисляет осадки. В достаточно тяжелых по механическому составу луговых и болотных почвах наиболее низкие значения pH и Eh отмечаются чаще всего в верхнем дерновом горизонте почв, обогащенном $S_{орг}$. В осадках других фаций аллювия соотношение pH и Eh менее определено.

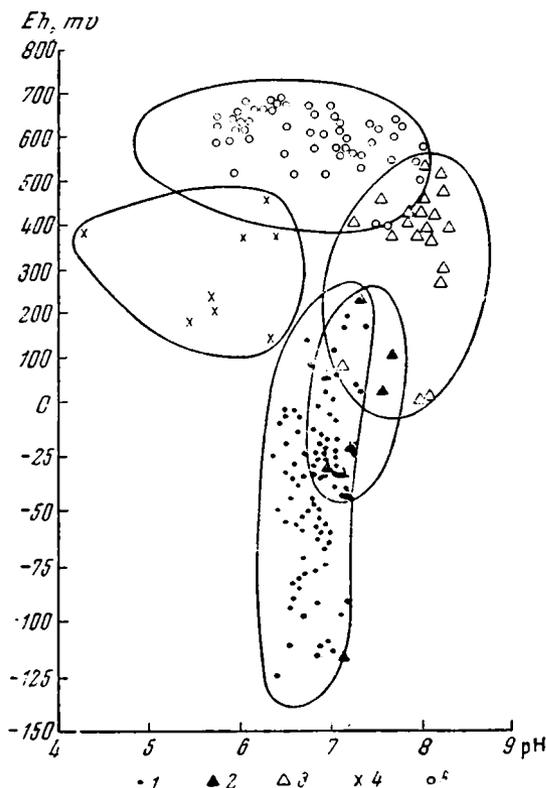
¹ Потенциал кислородного электрода теоретически равен 810 mv (ZoBell, 1946).

² В интервале pH от 6 до 8 Eh изменялся на 28—38 mv на каждую единицу pH . а в интервале pH от 8 до 9 — на 81—117 mv .

По течению реки (Средний Днепр) существенных изменений величин pH и Eh в осадках не наблюдается. Однако можно заметить тенденцию уменьшения величины pH в субаэральных пойменных осадках и в субаквальных осадках старичного типа по мере их измельчения и обогащения $C_{орг}$: По-видимому, различия в характере механической дифференциации осадков аллювия отражаются и на характере pH и Eh осадков, правда, менее заметно, чем в отношении распределения в осадках различных компонентов ($C_{орг}$, CO_2 , Fe и других элементов).

В заключение следует подчеркнуть, что pH и Eh новейших аллювиальных осадков характеризуются вполне определенными средними величинами, хорошо отражающими различия осадков в фациальном профиле аллювия. В качестве иллюстрации может служить фиг. 92. Здесь выделены пять главных фациальных типов осадков, отличающихся характерными физико-химическими условиями среды их образования: 1) осадки водоемов старичного типа (включая вторичные водоемы поймы), 2) заиленные осадки русел, 3) отмытые песчаные осадки русел, 4) болотные осадки, 5) осадки поймы.

Несколько замечаний о сравнении pH и Eh новейших и более старых, погребенных осадков. Имеющиеся в распоряжении автора данные позволяют утверждать, что величина pH осадков аллювия, особенно субаэральных, остается близкой к исходной в течение длительного периода времени. Иногда pH погребенных осадков может являться критерием в установлении и уточнении их генетической природы (например, в отношении субфации зарастания старицы, описанной в главе II). Что же касается Eh , то эта величина быстро изменяется уже в процессе раннего диагенеза осадков и в дальнейшем не отражает сколько-нибудь условия исходной физико-химической среды, а зависит в основном от условий их залегания. Например, в свежих разрезах старичных линз тонкозернистые осадки, богатые органикой, обычно характеризуются невысокими положительными значениями Eh , близкими к нейтральным (от 150—100 mv до 0). Еще выше Eh песчаных и крупноалевритовых разностей этих осадков (350—100 mv). Отрицательные значения Eh в погребенных осадках, вскрываемых обнажениями, обычно не наблюдались.



Фиг. 92. Физико-химическая характеристика современных аллювиальных осадков Днепра, Десны и Оки

1 — осадки водоемов старичного типа; 2 — субаквальные заиленные осадки русел; 3 — субаквальные отмытые песчаные осадки русел; 4 — болотные осадки; 5 — субаэральные осадки поймы (и осушенных русловых отмелей)

4. ФОРМЫ ЖЕЛЕЗА КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ОСАДКОВ

Методика определения баланса минеральных форм железа была предложена Н. М. Страховым и Э. С. Залманзон в 1955 г. С тех пор в этой области проведено немало исследований, касающихся главным образом морских отложений (Халифа-Заде, 1957; Страхов, 1958; Редлих, 1958; Тимофеев и Ильина, 1959, и др.). В недавно вышедшей сводке Н. М. Страхова (1960) рассмотрены соотношения форм железа в различных типах отложений гумидных зон. В сводке приведен, в частности, баланс форм железа в озерных отложениях верхнепалеозойских гумидных зон СССР, на основании чего сделаны широкие обобщения о характере форм железа в отложениях пресноводных водоемов вообще.

Полученные в настоящей работе данные по современным аллювиальным осадкам хорошо подтверждают выводы Н. М. Страхова и несколько дополняют их в отношении осадков современных пресноводных водоемов, а также аллювиальных отложений в целом.

Прежде всего рассмотрим характер распределения валового железа в осадках Днепра, Десны и Оки. Из табл. 54, где приведены в обобщенной форме эти данные, хорошо видно, что содержание валового железа закономерно возрастает с уменьшением крупности осадков всех фаций. Так, в песках оно составляет в среднем 0,3—1%, в крупных алевролитах — 1,1—2,0%, в мелких алевролитах — 2,0—3,2% и в пелитах — 2,5—4,4%. В фациальном профиле аллювия наблюдается явное обогащение железом старичных осадков и обеднение им русловых, исключая заиленные разности последних. Фации аллювия пойменного и смешанного типов занимают в этом отношении промежуточное положение.

Между содержанием Fe и $C_{орг}$ в осадках имеется определенное количественное соотношение, обусловленное особенностями гранулометрического состава осадков. Так, на фиг. 93 можно видеть, что содержание подвижного (точнее, реакционно-способного) железа и $C_{орг}$ в общем возрастает в одной и той же степени до 1—1,4%, затем дальнейший прирост Fe все больше отстает от прироста $C_{орг}$.

Данные о балансе минеральных форм железа в различных типах аллювия, отличающихся спецификой физико-химических условий среды их образования, обобщены в табл. 55. Здесь же дано соотношение форм железа с величиной Eh осадков и содержанием в них $C_{орг}$.

Осадки водоемов старичного типа охарактеризованы наибольшим аналитическим материалом (41 анализ), что позволяет оперировать усредненными значениями не только по гранулометрическим типам осадков, но и в зависимости от содержания в них $C_{орг}^1$. Прежде всего здесь обращает на себя внимание то, что в общей массе реакционно-способного железа ($Fe_{HCl}^{3+} + Fe_{HCl}^{2+} + FeS + FeS_2$) господствующую роль играет Fe_{HCl}^{2+} , извлекаемое 2%-ной HCl при пятиминутном кипячении. Fe_{HCl}^{3+} и $FeS + FeS_2$ имеют в старичных осадках подчиненное значение. Это наглядно видно на фиг. 94.

В старичных осадках, имеющих до 0,2% $C_{орг}$ (пески), Fe_{HCl}^{3+} количественно преобладает над Fe_{HCl}^{2+} . При 0,2% $C_{орг}$ в этих осадках содержание Fe_{HCl}^{3+} и Fe_{HCl}^{2+} уравнивается, составляя в среднем по 40%, а при увеличении количества $C_{орг}$ в осадках (пески, крупные элевриты) Fe_{HCl}^{2+} быстро

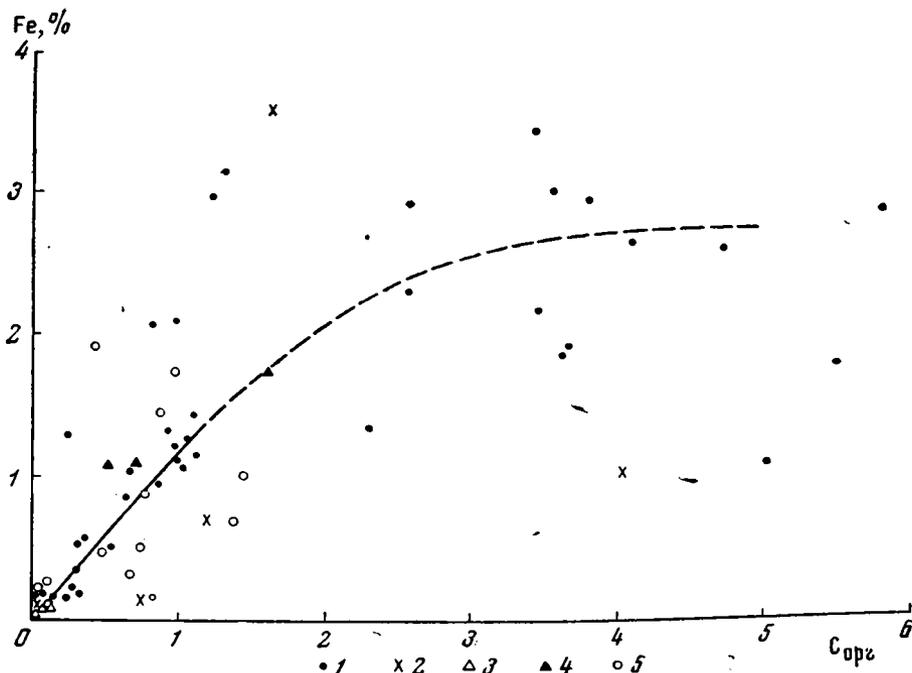
¹ Для других типов аллювиальных осадков усредненный баланс форм железа дан только по гранулометрическим типам осадков.

Общее содержание железа (в %) в осадках рек Днепра, Десны и Оки

Фацци	Субфацци	Гранулометрические типы осадков											
		Пески			Алевриты крупные			Алевриты мелкие			Пелиты		
		Количество образцов	Fe		Количество образцов	Fe		Количество образцов	Fe		Количество образцов	Fe	
			от—до	среднее		от—до	среднее		от—до	среднее		от—до	среднее
Русловых отмелей		2	0,23—0,38	0,30	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Занленных отмелей	—	—	—	1	—	1,42	1	—	2,94	2	2,40— —3,21	2,81
Приречной поймы		1	—	0,32	3	0,98—2,11	1,44	3	1,31—2,90	2,34	—	—	—
Внутренней поймы		2	0,55—0,61	0,58	2	1,37—2,34	1,85	2	1,66—3,06	2,36	—	—	—
Небольших стариц и краевых частей крупных стариц		6	0,28—1,31	0,61	3	1,33—2,69	2,02	5	2,04—4,47	2,96	6	2,32— —5,53	3,96
Центральных частей крупных стариц		5	0,46—1,86	1,01	3	1,25—2,86	1,83	10	1,76—4,65	3,20	5	3,75— —5,09	4,44
Вторичных водоемов поймы		1	—	0,96	—	—	—	3	1,68—2,48	2,08	—	—	—
Болотных почв и торфяников		1	—	0,42	1	—	1,08	4	1,87—2,32	2,04	1	—	2,45

растет за счет $\text{Fe}_{\text{НСл}}^{3+}$ — вплоть до 1,5% $\text{C}_{\text{орг}}$. В дальнейшем относительное количество $\text{Fe}_{\text{НСл}}^{2+}$ и $\text{Fe}_{\text{НСл}}^{3+}$ остается на одном уровне (соответственно 85—84% и 10—9%) и уже не зависит от увеличения содержания $\text{C}_{\text{орг}}$.

Весьма показательным является распределение сульфидного железа ($\text{FeS} + \text{FeS}_2$) — оно почти не зависит от петрографического типа осадков и от содержания в них $\text{C}_{\text{орг}}$, что хорошо подтверждает вывод Н. М. Страхова в отношении отложений пресноводных озер с водой, бедной SO_4^{2-} (1960,



Фиг. 93. Соотношение реакционно-способного Fe и $\text{C}_{\text{орг}}$ в современных аллювиальных осадках.

1 — осадки водоемов старичного типа; 2 — субаквальные заиленные осадки русел; 3 — субаквальные отмытые песчаные осадки русел; 4 — болотные осадки; 5 — субазральные осадки поймы и осушенных русловых отmelей

стр. 489). В виде исключения можно отметить лишь повышенное количество FeS_2 в илах, наиболее обогащенных $\text{C}_{\text{орг}}$ ($> 5\%$). Это объясняется, вероятнее всего, неточностью анализов, так как содержание пиритной серы, вычисляемое по разности между общей и сульфатной ее формами, могло быть завышено за счет серы органической и свободной. Вследствие того, что общее содержание железа, в том числе реакционно-способного, возрастает с уменьшением крупности осадков, а количество сульфидного железа в них остается примерно на одном уровне (см. табл. 55), наибольшую относительную роль (до 20—10%) сульфидное железо играет именно в крупнозернистых осадках — песках и крупных алевритах с $\text{C}_{\text{орг}}$ до 0,7—1% (см. фиг. 94). В осадках же, содержащих более 1% $\text{C}_{\text{орг}}$, относительное количество сульфидного железа находится в среднем на уровне всего 4—7%.

В целом в осадках старичного типа степень перестройки баланса форм железа за счет увеличения роли $\text{Fe}_{\text{НСл}}^{2+}$ уменьшается по мере роста содержания $\text{C}_{\text{орг}}$ до известного предела. Примерно при 1,5% $\text{C}_{\text{орг}}$ этот баланс стабилизируется и в дальнейшем практически не изменяется при возрастании количества $\text{C}_{\text{орг}}$ (см. фиг. 94).

Формы железа в современных аллювиальных осадках Днепра, Десны и Оки

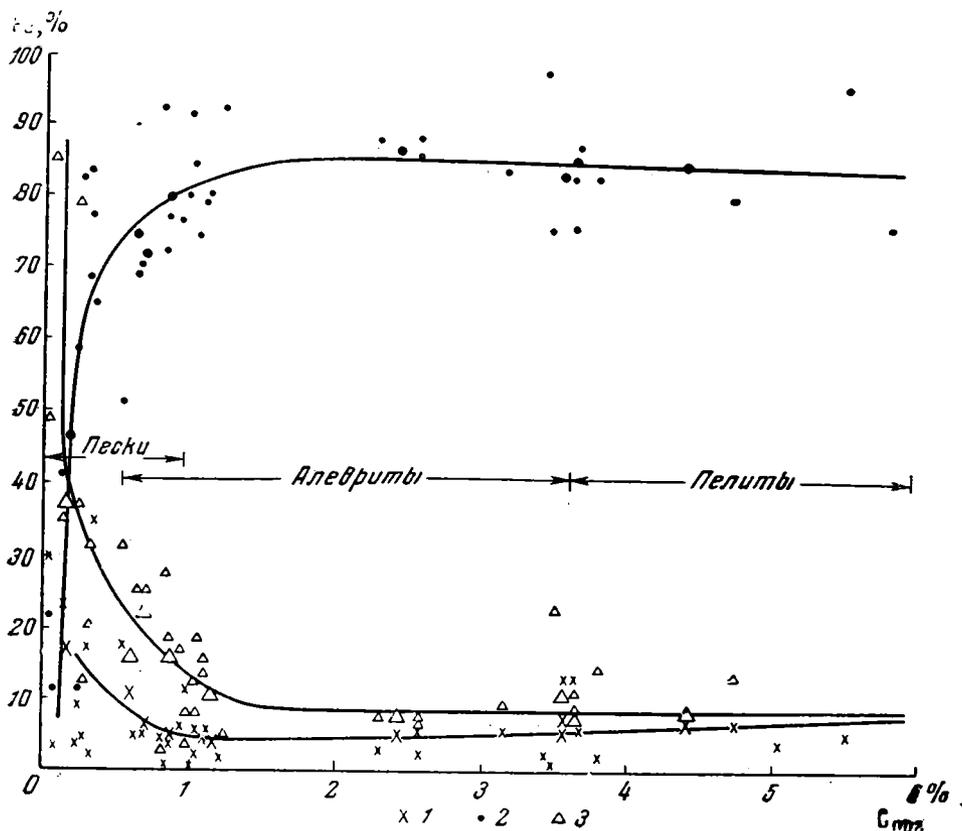
Таблица 55

Фациальные типы осадков	Осадки	Количество анализов	Сорг. %		Формы Fe (% от осадка)					Формы Fe (в % от реакционно-способного железа)			Eh (mv)			
			от—до	среднее	Fe _{вал}	Fe _{HCl} ³⁺	Fe _{HCl} ²⁺	Fe _{FeS} ²⁺	Fe _{FeS₂} ²⁺	Fe _{облом}	Fe _{HCl} ³⁺	Fe _{HCl} ²⁺	Fe _{FeS+FeS₂} ²⁺	от	до	среднее
Осадки водоемов старичного типа (включая вторичные водоемы поймы)	Пески	6	0—0,3	0,17	0,68	0,08	0,10	0,021	0,016	0,46	36,9	46,1	17,0	173	—31	39
		6	0,3— —1,0	0,69	1,19	0,15	0,48	0,004	0,037	0,52	22,4	71,5	6,1	107	—65	0
	Илы крупно-алевритовые	1	0—0,3	0,24	1,48	0,48	0,75	0,016	0,041	0,19	37,3	58,3	4,4	—	—	20*
		4	0,3— —1,0	0,62	1,83	0,17	0,81	0,066	0,048	0,73	15,5	74,1	10,4	41	—50	—12
		1	1,0— —2,0	1,03	2,36	0,10	0,92	—	—	1,34	≤9,8	≤90,2	—	—	—	—33
	Илы мелко-алевритовые	4	0,3— —1,0	0,87	2,52	0,18	0,90	0,013	0,037	1,39	15,9	79,7	4,4	—14	—59	—48
		5	1,0— —2,0	1,16	2,99	0,22	1,67	0,057	0,037	1,01	11,1	84,2	4,7	—33	—111	—72
		2	2,0— —3,0	2,44	2,68	0,15	1,62	0,071	0,032	0,81	8,0	86,5	5,5	—54	—60	—57
		2	3,0— —4,0	3,65	2,82	0,14	1,62	0,095	0,046	0,92	7,4	85,2	7,4	—29	—93	—61
		1	4,0— —5,0	4,53	2,49	0,11	0,93	0,062	0,037	1,35	9,6	81,7	8,7	—	—	—50
		1	>5,0	5,81	3,82	Нет	2,22	0,146	0,557	0,90	—	75,9	24,1	—	—	—73
		Илы глинистые	1	2,0— —3,0	2,58	5,53	0,23	2,51	0,094	0,107	2,59	7,8	85,4	6,8	—	—
	4		3,0— —4,0	3,57	4,54	0,32	2,43	0,095	0,076	1,62	11,0	83,2	5,8	—33	—75	—55
	2		4,0— —5,0	4,43	4,93	0,22	2,25	0,069	0,109	2,28	8,3	84,9	6,8	—24	—111	—68
	1		>5,0	5,51	4,20	0,13	1,86	0,048	0,281	1,88	5,6	80,2	14,2	—	—	—75

Таблица 55 (окончание)

Фациальные типы осадков	Осадки	Количество анализов	Сорг. %		Формы Fe (в % от осадка)						Формы Fe (в % от реакционно-способного железа)			Eh (mv)		
			от—до	среднее	Fe _{вал}	Fe ³⁺ _{HCl}	Fe ²⁺ _{HCl}	Fe ²⁺ _{FeS}	Fe ²⁺ _{FeS₂}	Fe _{облом}	Fe ³⁺ _{HCl}	Fe ²⁺ _{HCl}	Fe ²⁺ _{FeS+FeS₂}	от	до	среднее
Занленные осадки русел	Илы алевритовые	3	0,52— —1,61	0,94	2,86	0,34	0,90	0,013	0,041	1,57	26,2	69,6	4,2	66	20	39
Отмытые песчаные осадки русел	Пески	3	0— —0,13	0,06	0,34	0,05	0,02	0,004	0,008	0,26	61,0	24,0	15,0	430	308	379
Болотные осадки	»	3	0,03— —0,91	0,57	0,60	0,18	0,12	0,002	Нет	0,30	59,6	39,8	0,6	378	300	350
	Алевриты	5	0,64— —4,03	2,36	2,58	0,73	0,96	0,010	0,015	0,86	42,5	56,0	1,5	350	100	171
	Пелиты	1	—	2,63	2,45	Нет	0,97	Нет	0,030	1,45	—	97,0	3,0	—	—	181
Субаэральные пойменные осадки	Пески	3	0,08— —0,20	0,12	0,49	0,19	0,02	0,003	Нет	0,25	88,2	9,4	1,4	646	600	626
	Алевриты крупные	5	0,27— —1,46	0,71	2,08	0,99	0,13	0,001	0,001	0,86	88,2	11,6	0,2	650	455	570
	Алевриты мелкие	4	0,75— —1,39	0,78	2,10	0,86	0,10	0,005	Нет	1,13	89,2	10,3	0,5	680	450	622

Интересны соотношения Eh, форм железа и количества $C_{орг}$ в различных гранулометрических типах старичных осадков (см. табл. 55). Пески, содержащие до 0,3% $C_{орг}$, характеризуются в целом положительными значениями Eh и наибольшим относительным содержанием $Fe_{НСl}^{3+}$ (36,9%). В песках с $C_{орг} > 0,3\%$ значения Eh уменьшаются до нейтральных, а относительное количество $Fe_{НСl}^{3+}$ (22,4%) уже резко уступает $Fe_{НСl}^{2+}$ (71,5%). Крупные алевриты при том же содержании $C_{орг}$, что и в песках, характеризуются



Фиг. 94. Формы реакционно-способного железа в осадках современных водоемов старичного типа (аллювий Днепра, Десны и Оки)

1 — $Fe_{FeS+FeS_2}^{2+}$; 2 — $Fe_{НСl}^{2+}$; 3 — $Fe_{НСl}^{3+}$. Крупные значки — усредненные значения

более низкими значениями Eh (обычно отрицательными, начиная с 0,3% $C_{орг}$ в осадке) и меньшим относительным количеством $Fe_{НСl}^{3+}$. То же самое, за некоторыми исключениями, можно видеть и при сравнении мелких алевритов с крупными, а также пелитов с мелкими алевритами, однако в отношении наиболее тонкозернистых осадков это различие проявляется слабее. В общем количество редуцированного железа и величина Eh в старичных осадках зависят прежде всего от содержания в них $C_{орг}$ и, в меньшей степени, от их гранулометрического состава. Это хорошо видно не только из табл. 55, но и из конкретных разрезов колонок, приводившихся ранее в табл. 53. По вертикали старичные осадки, как правило, укрупняются с глубиной, что сопровождается уменьшением содержания в них $C_{орг}$. Величины Eh этих осадков сперва понижаются, достигая минимума обычно в верхних 10—20 см осадка, а затем повышаются до нейтральных

и даже положительных значений. Точно так же изменяется и соотношение Fe^{2+}/Fe в общей массе реакционно-способного железа. Однако иногда бывают расхождения между указанным отношением Fe^{2+}/Fe и величиной Eh .

Соотношение форм железа в субаквальных русловых осадках характеризуется по сравнению со старичными отложениями прежде всего повышенным относительным количеством $Fe_{НС1}^{3+}$, достигающим 26,2% в заиленных осадках и 61,0% в отмытых песках. Это хорошо согласуется с положительными величинами Eh русловых осадков. Среднее содержание сульфидного железа составляет 4,2% в алевритовых илах и 15,0% в песках, т. е. почти такое же, как и в аналогичных по гранулометрическому составу старичных осадках. К сожалению, в моем распоряжении нет данных о балансе форм железа в сильно заиленных русловых осадках Десны и Оки, характеризующихся восстановительной средой с Eh до -50 и даже $-100 mv$. Однако на основании сходства этих осадков со старичными в отношении гранулометрического состава, Eh и содержания $C_{орг}$ следует предполагать для них и близкий баланс форм железа. Вероятно, при одних и тех же значениях Md , $C_{орг}$ и Eh заиленные русловые осадки характеризуются несколько меньшей степенью редукции подвижного железа, чем сходные по составу старичные осадки.

Болотные осадки по соотношению форм железа во многом сходны с русловыми. Здесь так же существенную роль играет $Fe_{НС1}^{3+}$ (59,6% в песках и 42,5% в алевритах)¹. Eh имеет устойчивые положительные значения: от 100 до 378 mv . Содержание $FeS + FeS_2$ составляет 0,6—3,0%, т. е. явно понижено по сравнению с русловыми и старичными отложениями.

Особое место занимают субаэральные осадки поймы. Они отличаются пониженным содержанием $Fe_{НС1}^{2+}$ (9,4—11,6%) и сульфидного железа (0,2—1,4%) за счет $Fe_{НС1}^{3+}$ (88,2—89,2%), что хорошо согласуется с высокими положительными значениями Eh , составляющими в среднем от 570 до 626 mv . В табл. 55 обращает внимание то, что баланс аутигенных форм железа и величины Eh в субаэральном осадке поймы почти не зависят от гранулометрического состава этих осадков и содержания в них $C_{орг}$.

Конкретный состав минералов, которые содержат соответствующие формы реакционно-способного железа в современных аллювиальных осадках, достаточно разнообразен.

Сульфидное железо входит в состав коллоидального гидротроилита и продуктов его раскристаллизации — мельниковита, пирита. Содержание FeS в современных осадках обычно больше, чем FeS_2 . Исключены и составляют наиболее крупнозернистые по составу русловые и старичные осадки, в которых FeS_2 , по-видимому, имеет отчасти терригенный характер. Повышенные же содержания FeS_2 в самых тонкозернистых старичных осадках, обогащенных $C_{орг}$ (5%), объясняются методическими неточностями анализа, о чем говорилось ранее.

Аутигенные минералы, соответствующие $Fe_{НС1}^{2+}$, представлены сидеритом, а также фосфатами (вивианит, β -керченит)². Эти новообразования обнаружены только в осадках старичного и болотного типов. Относительное содержание карбонатного железа в составе $Fe_{НС1}^{2+}$ невелико, в чем можно было убедиться из приводившихся ранее данных (табл. 45). При изучении шлифов достоверно аутигенных лептохлоритов не было обнаружено, однако следует иметь в виду возможность их нахождения в тонкодисперсном

¹ В одном образце пелитового осадка $Fe_{НС1}^{3+}$ не обнаружено.

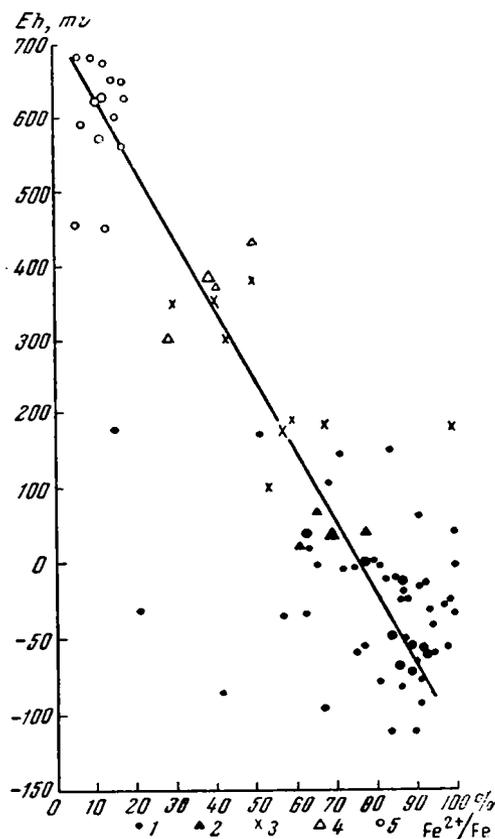
² Поскольку материалом для анализов на формы железа служили свежие, неокисленные на воздухе осадки с естественной влажностью, значительная часть закиснорастворимого железа в них может быть обязана наличию свободного гидрата закиси железа.

состоянии, не фиксируемом микроскопически. Некоторая часть Fe_{HCl}^{2+} обязана разложению терригенных минералов, в первую очередь биотита и глауконита.

Окисно-растворимое железо Fe_{HCl}^{3+} входит в состав гидрогетита, коллоидной гидроокиси железа и (реже) других гидроокислов и окислов.¹ Fe_{HCl}^{3+} присутствует в количествах, превышающих погрешности анализа, во всех типах осадков, независимо от содержания в них $C_{орг}$ (табл. 55). Это свидетельствует о том, что окончательная редукция подвижного железа в молодых осадках не достигается. По мнению Н. М. Страхова (1958), процессы редукции железа в современных осадках протекают довольно медленно. Так, в черноморских илах, существующих около 5000 лет, они еще не дошли до конца².

Общее соотношение окисленной и редуцированной форм реакционно-способного железа в зависимости от величины Eh показано на фиг. 95. Здесь видно, что в целом для различных фациальных типов современных аллювиальных осадков отношение Fe^{2+}/Fe реакционно-способного железа отчетливо зависит от величины Eh, закономерно возрастающая от субэаральных пойменных фаций (в среднем 12%) до субаквальных старичных осадков (75—95%). К последним явно тяготеют заиленные осадки русел. Отмытые же русловые пески и болотные осадки по соотношению Fe^{2+}/Fe реакционно-способного железа и Eh занимают промежуточное положение между пойменными и старичными фациями.

Вероятно, эмпирическая номограмма на фиг. 95 может иметь довольно универсальное значение для современных аллювиальных и других осадков вообще, отражая количественную связь между величиной Eh осадков и степенью редукции в них системы $Fe^{2+} \rightleftharpoons Fe^{3+}$.



Фиг. 95. Сопоставление Eh и Fe^{2+}/Fe реакционно-способного современных аллювиальных осадков.

1 — осадки водоемов старичного типа; 2 — субаквальные заиленные осадки русел; 3 — болотные осадки; 4 — субаквальные хорошо отмытые русловые пески; 5 — субэаральные осадки поймы.
Крупные значки — усредненные значения

¹ Некоторая часть Fe_2O_3 в солянокислой вытяжке образуется за счет растворения глауконита и других терригенных минералов. Во время анализа и подготовки к нему часть Fe_{HCl}^{2+} окисляется, повышая содержание Fe_{HCl}^{3+} .

² В отличие от современных осадков, в сероцветных осадочных породах уже при содержании $C_{орг}$ в количестве 0,3—0,5% окисно-растворимое железо оказывается нацело редуцированным.

5. ДИАГЕНЕТИЧЕСКИЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ НОВООБРАЗОВАНИЯ

Выше были рассмотрены некоторые существенные стороны раннего диагенеза аллювиальных осадков, а также факторы, их обуславливающие. Однако эти данные были бы неполными без характеристики конкретных минеральных новообразований, возникающих при диагенезе осадков.

Минеральные новообразования в современном аллювии до сих пор специально не изучались. Отдельные указания о них имеются в статье В. И. Радушева и А. Г. Кобилева (1958), а также работах, посвященных общей характеристике аллювия (Шанцер, 1951; Лаврушин, 1961; и др.). Из минералогических работ, косвенно касающихся аллювия, следует особо отметить обстоятельные исследования В. В. Добровольского (1955, 1957, 1960) по минералогии и геохимии гипергенеза четвертичных отложений Центрально-Русской лесостепи, где как раз и располагаются наши районы исследования аллювия Днепра, Десны и Оки.

В современных аллювиальных осадках трех отмеченных рек установлены следующие минеральные новообразования: 1) сульфиды железа — гидротроилит, мельниковит (?), пирит; 2) гидроокислы железа — гидрогетит, гетит (?), коллоидная гидроокись железа; 3) гидроокислы марганца; 4) гидроокислы и окислы титана — лейкоксен; 5) карбонаты кальция и железа — кальцит, сидерит; 6) сульфаты кальция — гипс; 7) фосфаты железа — вивианит, β -керченит, босфорит (?); 8) алюмосиликаты — аутигенное глинистое вещество типа гидрослюд. Характер диагенетических преобразований аллювиальных осадков в различных фациальных обстановках существенно отличен, что приводит к возникновению специфических минеральных парагенезов (табл. 56).

Осадки старичного типа образуются в субаквальных условиях. Достаточное постоянство среды осадконакопления обеспечивает возмож-

Таблица 56

Минеральные диагенетические новообразования в современных аллювиальных осадках Днепра, Десны и Оки

Осадки	Типичный парагенез аутигенных минералов	Присутствующие аутигенные минералы ¹
Старичные	Сульфиды Fe, кальцит, вивианит	Гидротроилит, мельниковит, пирит, гидрогетит, аморфная гидроокись Fe, гидроокислы марганца; лейкоксен, опал, кальцит, сидерит, вивианит, β -керченит, босфорит (?), пицит (?)
Болотные	Гидроокислы Fe, сульфиды Fe, сидерит, кальцит, вивианит	Гидротроилит, мельниковит, пирит, гидрогетит, аморфная гидроокись Fe, гидроокислы марганца, лейкоксен, кальцит, сидерит, вивианит, β -керченит, босфорит (?), пицит (?)
Русловые заиленные	Гидроокислы Fe, сульфиды Fe, кальцит	Гидротроилит, мельниковит, пирит, гидрогетит, аморфная гидроокись Fe, гидроокислы марганца, кальцит, сидерит (?), вивианит (?)
Русловые отмытые пески	Гидроокислы Fe	Гидротроилит (?), гидрогетит (?), аморфная гидроокись Fe, кальцит(?)
Субаэральные осадки поймы	Гидроокислы Fe, гидроокислы марганца, аутигенное глинистое вещество	Гидротроилит, мельниковит, пирит, гидрогетит, аморфная гидроокись Fe, гидроокислы марганца, аутигенное глинистое вещество

¹ Знаком «?» отмечены минералы, диагностированные не вполне достоверно.

ность нормального течения диагенетических процессов, при которых происходит внутреннее уравнивание реакционно-способных систем осадков. Последние обогащены органическим веществом, имеют большую влажность и изобилуют бактериями, что приводит к господству в них восстановительных условий за счет поглощения свободного кислорода и редукции гидроокислов Fe, Mn и других соединений. По сравнению с наддонной водой стариц иловые растворы характеризуются повышенной минерализацией — главным образом за счет биогенных элементов (N, C, P, Si, Ca). Когда сочетания ионов некоторых веществ достигают насыщения, они выпадают в осадках. Так образуется вивианит и, вероятно, некоторые другие минералы. Близ очагов выделения сероводорода ионы Fe^{2+} связываются с H_2S в нерастворимый водный моносουλфид-гидротроилит. Последний очень быстро дегидратируется, раскристаллизовывается и переходит сперва в мельниковит, а затем в пирит. Содержащаяся в иловом растворе углекислота связана системой равновесия с карбонатами, находящимися в растворе и осадке. При повышении парциального давления CO_2 (в результате бактериальной деятельности) происходит растворение органогенно-обломочных карбонатов в виде раковинного детрита, а при понижении парциального давления CO_2 (вследствие затухания деятельности бактерий) может иметь место хемогенная садка $CaCO_3$. Вероятно, в этот процесс включается и ион Fe^{2+} , в результате чего образуется сидерит. Аморфный кремнезем, содержащийся в осадках в виде панцирей диатомей и спикул губок, частично растворяется, диффундирует в иловые растворы и в наддонную воду. В условиях же более высоких значений pH за счет локального повышения щелочного резерва растворенный кремнезем, по-видимому, может осадкаться хемогенным путем. Существенные преобразования претерпевает также органическое вещество. Наиболее легко разлагаемые части его быстро ассимилируются бактериями и их ферментами с выделением CO_2 , CH_4 , H_2S , NH_3 и др. Более же устойчивые его части (кусочки древесины, споры, кутикула и др.) подвергаются заметной гелефикации. Что касается глинистого материала, то заметного изменения его в старичных отложениях не наблюдается.

Типичным парагенезом аутигенных минералов в старичных осадках является вивианит — кальцит — сульфиды Fe.

К старичным осадкам близки по составу сильно заиленные осадки русел, представленные алевритовыми илами, а иногда также (на Оке) и глинистыми илами. Среда этих осадков восстановительная, что обуславливает сходную со старичными осадками направленность диагенетических преобразований. Однако последние проявляются обычно лишь в зачаточной форме. Это связано с малой мощностью осадков и их эфемерностью (обычно во время очередных половодий они размываются). Из минеральных новообразований в заиленных русловых осадках наблюдаются сульфиды железа, кальцит, очень редко — вивианит.

В отмытых песчаных осадках русел диагенетические преобразования почти не проявляются, так как эти осадки бедны органическим веществом, хорошо аэрируются и подвержены постоянному переформированию русловым потоком. Песчаные русловые осадки обычно хорошо аэрируются, что создает в них устойчивую окислительную среду (если только они не покрыты сверху тонким слоем ила). Обычным минеральным новообразованием является коллоидная гидроокись железа, окрашивающая пески в бурый цвет. В более аридных условиях может возникать также кальцит (Радушев и Кобилев, 1958).

Для субаэральных осадков поймы характерно господство процессов выветривания и почвообразования под влиянием инфильтрующих

ся атмосферных вод. Среда осадков окислительная, однако значения Eh могут сильно варьировать в течение года из-за изменения увлажнения. Минеральные новообразования представлены обычно гидроокислами Fe и Mn. В хорошо развитых почвах отмечаются новообразования глинистого вещества типа гидрослюд. Карбонаты характерны только для более аридных условий (вместе с гипсом и другими хорошо растворимыми солями). Преобразование растительных остатков идет по пути их фюзенизации.

Болотные осадки во многом являются переходными между собственно старичными и субэзарально-пойменными отложениями. Среда болотных осадков близка к нейтральной, что приводит к широкому развитию процессов оглеения. Низкие значения pH и избыточное увлажнение обуславливают гидратацию различных терригенных компонентов, в частности биотита. Растительные остатки фюзенизируются и в меньшей степени гелефицируются. Парагенез минеральных новообразований отличается разнообразием. Он включает минералы, характерные как для старичных отложений (сульфиды железа, карбонаты, фосфаты железа), так и для пойменных (гидроокислы железа и марганца). Иногда в торфяниках выше уровня грунтовых вод обнаруживаются такие легко растворимые минералы, как гипс. В сходных условиях В. В. Добровольским (1960) были обнаружены мелантерит и сидеротиллит. Г. И. Бушинский (1946) указывает новообразования лептохлоритов (шамозит?) в осадках луговых торфяников.

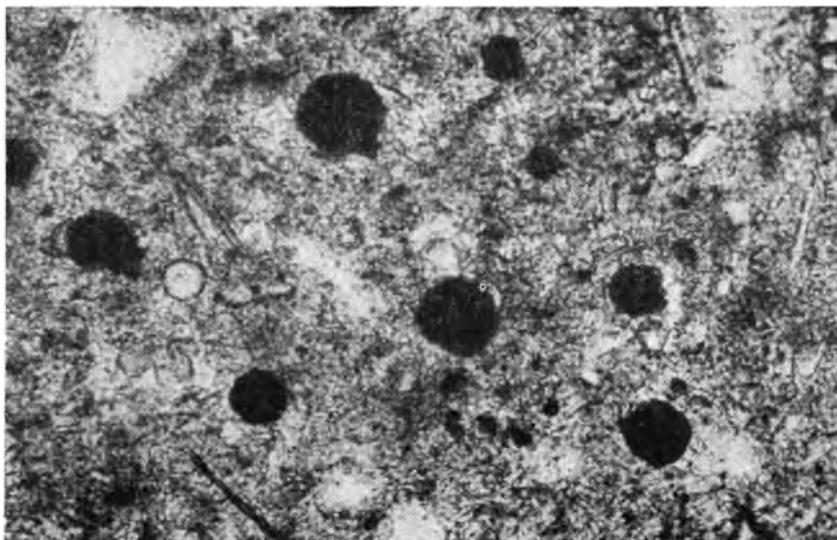
Ниже приведено краткое описание диагенетических минеральных новообразований, обнаруженных в современных аллювиальных осадках Днепра, Десны и Оки.

Сульфиды железа. В аллювии сульфиды железа содержатся в ничтожном количестве (см. табл. 55). Так, в осадках стариц содержание сульфидного железа не превышает 0,1—0,15% (обычное же содержание — сотые процента). В других фациальных типах осадков сульфиды находятся еще в меньшем количестве. Из табл. 55 можно заметить, что содержание сульфидов, как правило, не зависит от петрографических типов осадков и от количества в них $S_{орг}$. Данные в табл. 55 свидетельствуют также о том, что в современных осадках гидротроилитная форма сульфидов преобладает над пиритной.

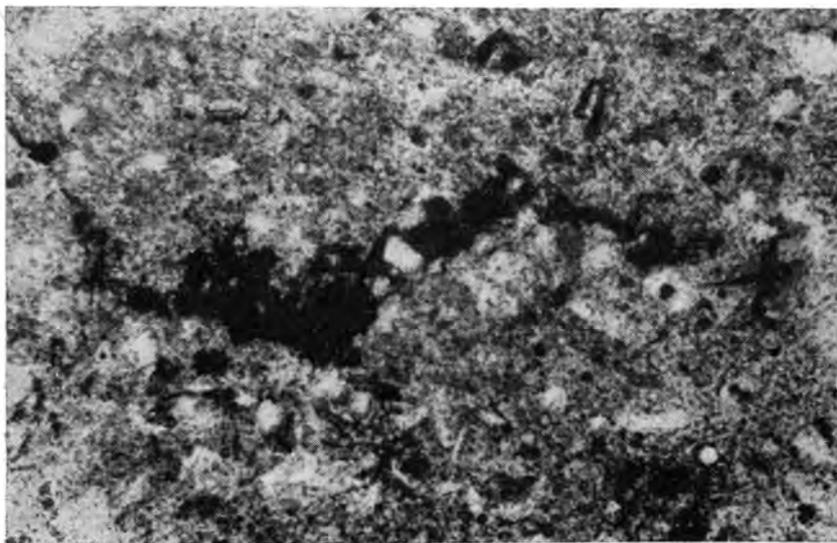
В шлифах и иммерсионных препаратах гидротроилит достоверно не фиксируется, будучи тонко распыленным. Иногда к гидротроилиту можно с достаточным основанием отнести мелкие непрозрачные сажистые шарики размером около 0,01—0,005 мм.

Данные рационального химического анализа, приведенные в табл. 55, показывают, что коллоидальный водный моносульфид-гидротроилит довольно быстро подвергается дегидратации и раскристаллизации, переходя в безводные сульфиды по следующей схеме: гидротроилит → мельниквит → пирит, марказит. Различить тонкодисперсные пирит и марказит не представляется возможным, поэтому они условно отнесены к пириту.

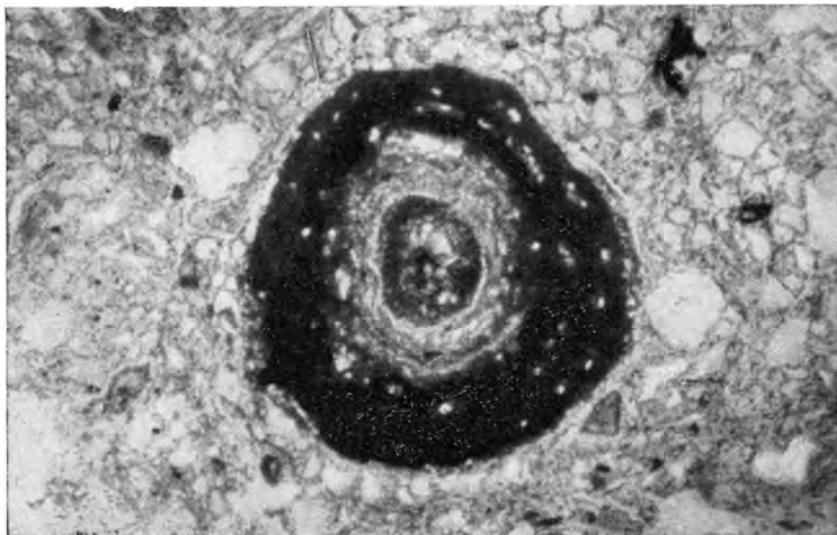
Формы выделения пирита разнообразны. Чаще всего это мелкие шарики размером около 0,01 мм (фиг. 96), имеющие в отраженном свете золотистый цвет и металлический блеск. Иногда размер шариков достигает 0,02—0,03 мм. При очень большом увеличении видно, что шарики пирита равномерно покрыты с поверхности мелкими точечными бугорками. Часто шарики сливаются между собой, образуя небольшие цепочки и участки неправильной формы (фиг. 97). Весьма характерны выделения пирита в виде сплошных участков-стяжений, свидетельствующих о перераспределении вещества. Размер таких стяжений доходит до 0,4—0,5 мм. Видимых макроскопически стяжений пирита обнаружить не удалось.



Фиг. 96. Шарики пирита в старичном иле (район Спасска-Рязанского на р. Оке). Обр. 1156, увел. 275



Фиг. 97. Стяжения пирита в старичном иле (район Спасска-Рязанского на р. Оке). Обр. 1156, увел. 100



Фиг. 98. Выделение гидроокислов железа по ходу растительного корешка в современной дерново-луговой почве (район Днепрово-Каменки). Обр. 1090, увел. 66

Гидроокислы железа. Эти новообразования легко устанавливаются даже при самом беглом ознакомлении с субэаральными осадками поймы. В других фациальных обстановках они встречаются значительно реже.

Формы проявления железистых новообразований очень разнообразны. Это пленки и поливы по трещинам отдельности, выделения ржаво-бурого и красного пигмента вокруг корешков растений, псевдоморфозы по корням, мелкопятнистые охристые выделения и, наконец, различные конкреционные стяжения. Наиболее обильные выделения гидроокислов железа обнаруживают тесную связь с грунтовыми водами.

Наиболее обычной формой железистых новообразований являются мелкие вертикально-трубчатые выделения коллоидальной гидроокиси Fe вокруг корешков растений. Практически их можно встретить в любом разрезе пойменных осадков, подвергшихся в той или иной степени воздействию растительного покрова. В диаметре эти трубочки имеют обычно около 1—0,5 мм, редко — больше. В шлифах хорошо видно, что внешняя часть трубочек обычно непрозрачна и более обогащена железом (фиг. 98). В скрещенных николях железистый пигмент обнаруживает криптокристаллическое строение, часто же совсем не поляризует. Железистый пигмент метасоматически замещает глинистую массу, так что более крупные терригенные зерна кварца и других минералов оказываются как бы погруженными в новообразованный базальный и базально-поровый цемент. Признаков корразии терригенных зерен не наблюдается. В поперечнике железистые трубочки обычно имеют хорошо выраженное концентрическое строение, что связано, очевидно, с ритмичным выделением гидроокиси железа. Центральная полость трубочек заполнена вмытым глинистым веществом, пропитанным в той или иной степени железистым пигментом.

Своеобразной разновидностью описанных железистых трубочек являются значительно более крупные (до 1 см в поперечнике) трубчатые стяжения. Они обычно наблюдаются в верхних частях разрезов

старичных линз, относящихся к старично-болотным отложениям стадии зарастания старицы. Материал этих новообразований образует псевдоморфозы по корням растений, а также по коллоидно-дисперсной массе, затекшей в полости от корней.

Характерной формой проявления железистых новообразований являются тонкие пленки на поверхностях трещин в осадках. Особенно часто они возникают в темно-серых старичных суглинках. Воды, пропитывающие эти суглинки и им подобные осадки, обычно содержат некоторое количество растворенного закисного железа (в виде бикарбонатов, железоорганических соединений и др.), которое быстро окисляется на воздухе с образованием геля гидроокиси $\text{Fe}(\text{OH})_3$, окрашивающего поверхность стенок в ржаво-бурый цвет в виде сплошной поливы или отдельных пятен.

Сходный характер имеет также образование «ржавца» — коллоидной гидроокиси железа, образующей тонкие бурые интерферирующие пленки на поверхности воды, высачивающейся возле болот и пойменных водоемов. Часто такие пленки окрашивают в ржаво-бурый цвет прилежащие участки дна и водную растительность.

Особо следует отметить конкреционные стяжения гидроокислов железа. Они обычно наблюдаются в иллювиальных горизонтах пойменных почв. Наиболее крупные конкреции (3—4 см) характерны для дерново-подзолистых почв поймы Днепра и особенно Припяти, развитых на песчаном субстрате. В более тонкозернистых по составу осадках стяжения имеют размер горошин и несколько больше. В одном случае в разрезе старичной линзы были встречены железистые конкреции, имеющие размер от долей сантиметра до 10—15 см в поперечнике (обр. 75, фиг. 62). Объемный вес этих конкреций составляет 2,04—1,97, а вмещающего их алевритового осадка — 1,93—1,88.

Под микроскопом конкреции имеют вид песчаников и алевритов, сцементированных гидроокислами железа. Цемент базальный, базально-поровый и поровый, метасоматически замещающий (частично или полностью) коллоидно-дисперсную массу. Крупные терригенные зерна, представленные обычно кварцем, обнаруживают иногда следы растворения с последующим внедрением железистого цемента. Местами цемент ясно раскристаллизован в крипнокристаллическую массу, большая же часть его сохраняет типичную коллоидальную структуру.

Химический состав конкреций и вмещающих их осадков приведен в табл. 57. В составе конкреций резко преобладает SiO_2 (89,76—49,36%). Подчиненное значение имеют Fe_2O_3 (20,55—2,95%) и Al_2O_3 (от следов до 9,71%). Остальные окислы содержатся в значительно меньшем количестве.

Из табл. 57 хорошо видно, что в конкреционных стяжениях явно концентрируются Fe, Mn, P, Ca, $\text{C}_{\text{орг}}$, CO_2 . Другие элементы либо дают пониженные содержания (Si, Ti, K, Na, Mg), либо находятся на прежнем уровне (Al).

По степени концентрации элементов в конкрециях по сравнению с вмещающими осадками можно судить о геохимической подвижности этих элементов. В среднем для четырех пар образцов из элювиальных горизонтов пойменных почв наблюдается следующая степень концентрации элементов: железа — 6,9, марганца — 7,5, фосфора — 4,6, кальция — 1,5. С точки зрения подвижности названные элементы образуют такой последовательный ряд: $\text{Mn} \rightarrow \text{Fe} \rightarrow \text{P} \rightarrow \text{Ca}$.

В отношении же конкреций из старичного осадка (обр. 4536) характер подвижности элементов несколько изменяется — на первое место здесь выходит фосфор. Чем объясняется такое повышение концентрации фосфора, сказать трудно, так как при микроскопическом изучении

Таблица 57

Химический состав в (%) железистых конкреционных образований и вмещающих их осадков (современный аллювий Днепра, Припяти и Оки)

Место отбора образца	Характер образца	№ образца	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	P ₂ O ₅	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O+	H ₂ O-	CO ₂	C _{орг}	Сумма
Пойма Днепра в районе Днепровско-Каменки	Вмещающий осадок—песок м/з	913	94,22	0,36	2,50	0,24	0,27	0,20	0,05	0,49	0,99	0,28	0,53	Нет	0,18	0,26	0,05	100,62
Иллювиальный горизонт дерново-луговой почвы	Конкреционные стяжения	914	89,76	0,15	2,53	2,95	0,14	0,46	0,39	0,63	0,21	0,22	0,33	0,23	0,81	0,82	0,08	99,71
Пойма Днепра в районе Черкасс	Вмещающий осадок—песок м/з	436	94,86	Нет	1,91	0,67	0,52	0,12	0,03	0,12	0,20	0,19	0,48	0,19	0,18	0,22	0,03	99,99
Иллювиальный горизонт погребенной луговой почвы	Конкреционные стяжения	436к	79,70	Нет	0,08	11,12	0,78	1,54	0,22	0,15	0,17	0,17	0,36	2,08	2,08	0,16	1,00	99,61
Пойма Припяти в районе Мозыря	Вмещающий осадок—песок м/з	772	93,85	0,14	3,05	0,53	0,14	0,38	0,14	0,25	Нет	0,31	0,55	Нет	0,18	0,14	Нет	99,66
Иллювиальный горизонт дерново-подзолистой почвы	Конкреционные стяжения	772к	84,47	0,20	3,42	6,52	0,14	0,54	0,15	0,56	Нет	0,28	0,60	1,50	0,63	0,44	0,22	99,67
Пойма Оки в районе Спасска-Рязанского	Вмещающий осадок—песок м/з	1103	59,60	0,48	10,78	11,80	0,35	1,28	0,09	1,60	1,04	0,63	1,56	4,31	5,35	Нет	0,60	99,67
Иллювиальный горизонт погребенной лугово-болотной почвы	Конкреционные стяжения	1104	49,36	0,65	9,71	19,36	0,38	2,16	1,97	1,22	0,90	0,51	1,28	4,19	7,47	0,24	0,71	100,11
Пойма Днепра в районе Черкасс	Вмещающий осадок—алеврит мелкий	453а	78,20	0,62	8,32	3,74	0,23	0,09	0,03	1,07	0,67	0,60	1,87	1,93	2,62	0,10	0,47	100,51
Разрез небольшой старичной линзы	Конкреционные стяжения	453б	53,94	0,41	5,65	20,55	0,54	4,15	0,31	1,64	0,59	0,39	1,20	4,63	4,89	0,30	0,89	100,18

шлифов никаких фосфатсодержащих остатков в составе конкреций не видно, за исключением редких включений вивианита. К сожалению, других находок аналогичных конкреций в старичных отложениях обнаружить не удалось. Все же широкое присутствие в старичных отложениях аутигенного вивианита вместе с указанными особенностями состава конкреций позволяет предположить, что значительная подвижность фосфора является одной из черт диагенетического перераспределения вещества в субаквальных старичных осадках, отличающего последние от субэаральных отложений и связанных с ними почв.

Спектроскопическое изучение конкреций и вмещающих их осадков показало наличие в их составе следующих малых и редких элементов: Zr, Ba, Sr, Cu, Pb, Ni, Co, V, Cr, Mo, Be, Ga, Zn, Sn, Y, Yb. Из них в конкрециях концентрируются Ni, Co, Ga, Ba (?). Наоборот, Zr, V, Cr, Y, Yb дают в конкрециях пониженные содержания. Другие элементы распределены менее ясно (Be, Sn, Zn, Mo, Sr, Cu).

Образование железистых конкреций в нижних горизонтах пойменных почв связано с иллювиальным процессом, усиливаемым действием грунтовых вод. Механизм образования железистых стяжений в старичных суглинках недостаточно ясен. Вероятно, эти стяжения являются позднедиагенетическими и возникли уже в стадии зарастания старицы и установления в ней обстановки, близкой к болотной. В пользу этого говорят, в частности, достаточно низкие значения pH (от 6,60 до 5,75), которые в типичных старичных осадках не наблюдаются.

Минеральный состав железистых новообразований в современных аллювиальных осадках довольно однообразен. Кроме преобладающей аморфной гидроокиси железа, обычно встречается гидрогетит. Других аутигенных гидроокислов железа в составе конкреций не было обнаружено.

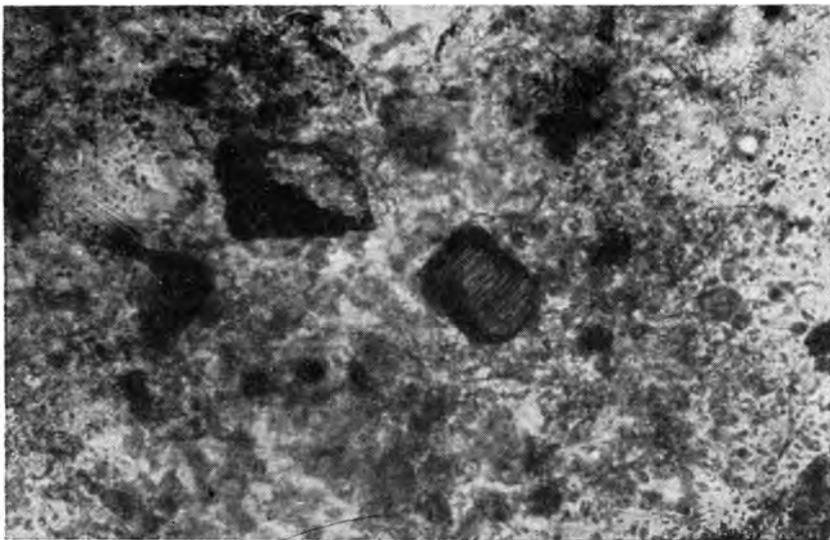
В. В. Добровольский (1960) отмечает в составе гипергенных новообразований из четвертичных отложений лесостепной зоны наличие гидрогетита, а также более редких гетита, эренвертита, лепидокрокита и гидрولепидокрокита.

Гидроокислы и окислы марганца. Эти новообразования, так же как и железистые, широко распространены в субэаральных отложениях поймы. Морфологически они проявляются в виде темных жилок, пленок и очень мелких горошин.

Минеральный состав марганцевых новообразований установить трудно вследствие незначительного их количества и наличия в них различных примесей. По данным В. В. Добровольского (1960), марганцевые новообразования в четвертичных гипергенных отложениях представлены почти исключительно группой псиломелана и образовались из одной первичной среды — алюмо-железо-марганцевого геля, из которого в результате старения, дегидратации и раскристаллизации обособились отдельные минералы вплоть до безводной двуокиси марганца.

Марганцевые новообразования выделяются вследствие окисления двух- и трехвалентных соединений марганца, мигрирующих в почвенных и грунтовых водах в виде золей под защитой органических коллоидов. В условиях более восстановительной среды марганец может мигрировать также в виде карбонатов.

Окислы титана. Титановые новообразования довольно часто встречаются в современных аллювиальных осадках. Они представлены почти исключительно гидратами двуокиси титана типа лейкоксена. Новообразования имеют вид слабо прозрачных комочков размером около 0,05—0,04 мм и меньше. В скрещенных николях комочки лейкоксена обычно обнаруживают криптокристаллическое строение, иногда выглядят изотропными. В отраженном свете они имеют желтовато- и



Фиг. 99. Характер выделения лейкоксена в старичном иле (район Чернигова). Обр. 1051, увел. 320

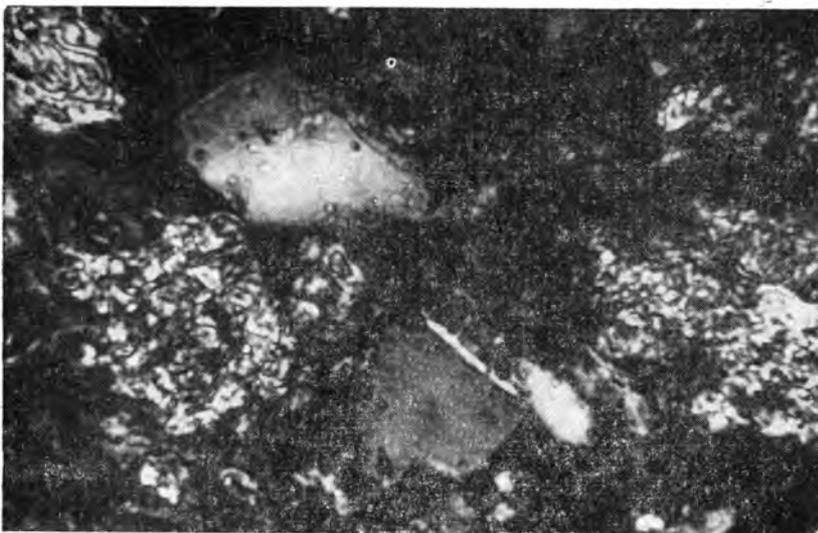
розовато-белый цвета и фарфоровидный блеск. Иногда в сгустках лейкоксена наблюдаются небольшие раскристаллизованные участки с высокой интерференционной окраской.

Иногда описанные титановые новообразования выполняют мельчайшие поры в заметно фюзенизированных растительных остатках, и тогда их аутигенная природа не вызывает сомнений. Однако гораздо чаще они рассеяны в массе осадка, не обнаруживая явного тяготения к растительным остаткам (фиг. 99). Судить в этом случае об их аутигенном генезисе можно лишь косвенно: размер комочков лейкоксена значительно меньше размера большинства терригенных минеральных зерен. Однако вполне возможно, что часть комочков лейкоксена может иметь и терригенное происхождение.

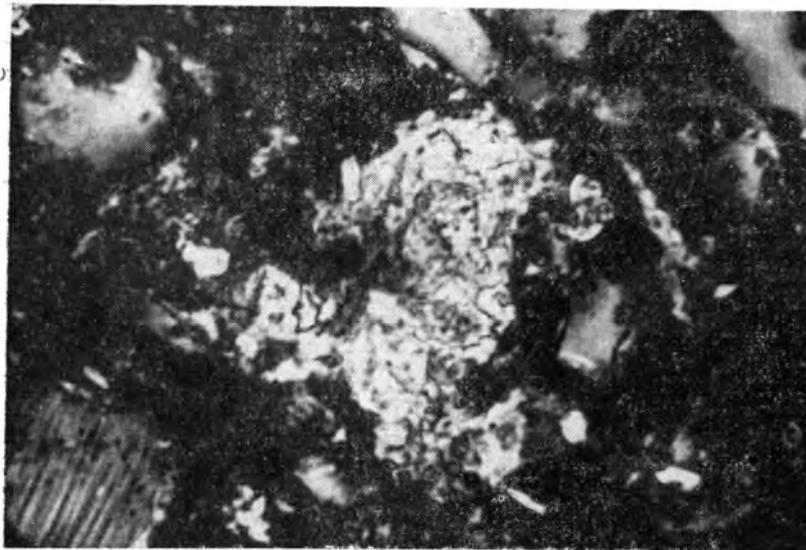
Образование аутигенного лейкоксена связано, вероятнее всего, с разложением растительных осадков, в которых титан находился в связанном состоянии, входя в состав титанорганических соединений. Можно предположить также образование лейкоксена за счет некоторого растворения терригенных минералов, содержащих титан. Физико-химические условия образования аутигенного лейкоксена могут быть различными, так как он встречается в пойменных, болотных и старичных осадках.

Н. В. Ренгартен (1956), обстоятельно изучившая новообразования титана в угленосных породах, отмечает приуроченность этих новообразований к песчаным осадкам речных русел, дельт и прибрежных частей озерных водоемов. Образование двуокиси титана Н. В. Ренгартен допускает в окислительной слабощелочной среде. В качестве аутигенного минерала-антагониста отмечается сидерит.

А. П. Виноградов (1957) указывает на то, что в коллоидных фракциях различных почв титана содержится больше, чем в более грубых фракциях. В связи с этим он высказывает предположение о возможности нахождения в коллоидах почв гидрата TiO_2 , лейкоксена или других новообразованных минералов титана. Однако последние до сих пор в почвах достоверно не обнаружены.



Фиг. 100. Выделения кальцита, метасоматически замещающие основную глинистую массу в старичном иле (район Чернигова). Обр. 1052, увел. 315 (николи скрещены)



Фиг. 101. То же (район Спасска-Рязанского на р. Оке). Обр. 1156, увел. 515 (николи скрещены)

Карбонаты. Эти новообразования встречаются обычно в старично-болотных осадках, реже — в заиленных осадках русла.

В шлифах под микроскопом обычно видно, что карбонатный материал в осадке тонко рассеян в виде криптокристаллической массы, иногда образующей сгустки (фиг. 100, 101). Размер мельчайших зернышек карбонатов составляет 1—3 μ , хорошо окристаллизованные индивиды достигают в размере 0,02—0,03 мм.

Морфологически новообразования карбонатов проявляются различно: это неправильной формы зерна, ромбоэдры, а также шарики с метаколлоидальным радиально-лучистым строением. Размер шариков составляет около 0,025 мм. При скрещенных николях они дают фигуру погасания в виде темного креста, что характерно для сферолитов. Иногда в центре карбонатных сферолитов обнаруживаются мельчайшие шарики пирита, размером около 0,01 мм, обычно по одному, иногда по два в каждом сферолите (фиг. 102, 103). Новообразования карбонатов обычно представлены кальцитом. Однако часто в иммерсионных препаратах, кроме кальцита, достоверно устанавливается также аутигенный сидерит (точнее, железо-марганцевый карбонат типа сидерита-сидероплезита). Для последнего характерна неправильная лапчатая форма зерен, $No \gg 1,780$.

Образование хемогенных карбонатов в аллювии связано с перераспределением вещества при диагенезе. Обычно в старичных осадках карбонаты выделяются путем хемогенной садки позже других минеральных новообразований (сульфиды Fe \rightarrow вивианит \rightarrow карбонаты). Решающую роль при этом играет повышение pH и падение парциального давления CO₂ в осадках, обусловленные ослаблением бактериальной деятельности.

Сульфаты. Новообразования сульфатов, представленных гипсом, были встречены только в одном случае в шлифах из аллохтонного древесного торфа, залегающего в верхней части разреза старичной линзы. Гипс выполняет мельчайшие пустоты в растительных тканях (фиг. 104, 105). Он представлен агрегатами вытянутых шестоватых зерен с низким светопреломлением ($Ng < 1,540$) и двупреломлением (около 0,010).

Вероятно, гипс дает тот тонкий белесый налет, который хорошо заметен макроскопически на обсохшей поверхности торфа.

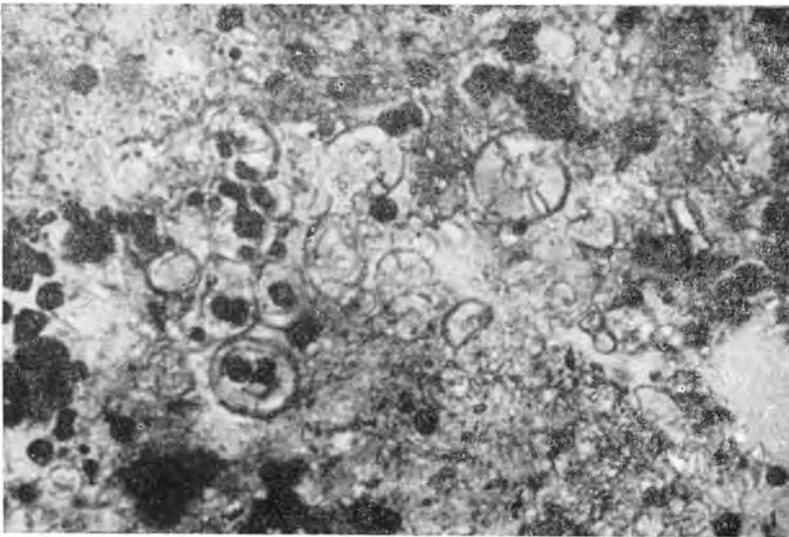
В сходных условиях В. Д. Добровольским (1960) были обнаружены сульфаты железа: мелантерит и сидеритилит, являющиеся также минералами-эфемерами.

Фосфаты. Фосфатные новообразования довольно часто встречаются в болотных и особенно старичных осадках¹. Они представлены обычно вивианитом и продуктами его окисления.

Макроскопически фосфаты обнаруживаются в виде псевдоморфоз по растительным остаткам, реже — по раковинам, а также в виде тонких землистых налетов на стенках трещин и в виде точечных выделений. Обычно отмеченные фосфатные проявления имеют синюю окраску и могут быть отнесены к β -керчениту². В свежих же расчистках можно обнаружить выделения фосфатов желтовато-белого цвета, представляющие собой неокисленный вивианит. Однако на воздухе вивианит очень быстро окисляется, приобретая синюю окраску, и переходит в β -керченит с сохранением первоначального габитуса.

¹ Наиболее часто новообразования фосфатов встречаются в аллювии Оки, реже — Десны. В осадках Среднего Днепра они распространены значительно реже.

² Термин введен С. П. Поповым (1910) на основании изучения химического состава производных вивианита в керченских железных рудах. Физические свойства этого минерала всесторонне изучены В. В. Добровольским (1957).

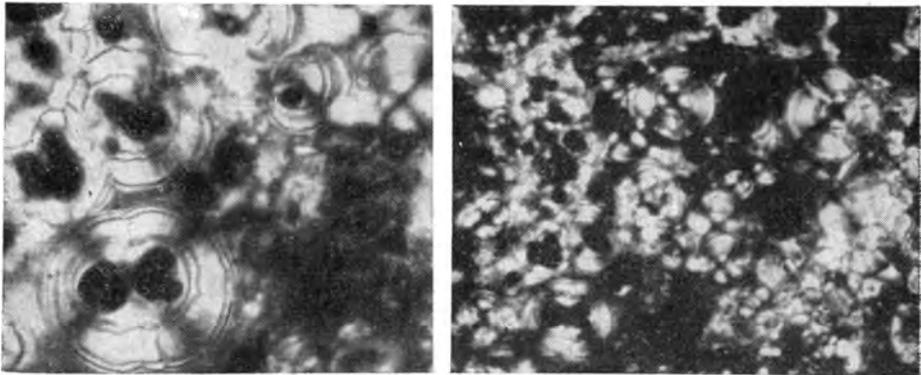


Фиг. 102. Скопление карбонатных сферолитов в ассоциации с пиритом (темное). Старичный ил (район Спасска-Рязанского на р. Оке). Обр. 1156, увел. 375

Ряд исследователей (Орлов, 1939; Бушинский, 1946; Добровольский, 1957, 1960) отмечает также в числе продуктов дальнейшего окисления вивианита из современных долинно-балочных торфяников бурое, оптически изотропное вещество, которое, согласно В. В. Добровольскому, должно быть отнесено к босфориту. Подобные выделения желтовато-бурого фосфата, предположительно считаемого пицитом, отмечались Е. В. Шанцером (1951) при описании одного из разрезов старичных отложений в долине Оки у г. Спасска-Рязанского. К сожалению, находки бурого фосфата типа босфорита или пицита мне не попадались.

Итак, в наблюдаемых разрезах старично-болотных осадков среди фосфатных новообразований главную роль играет β -керченит, который обычно описывается под названием вивианита.

В шлифах можно видеть характерные формы нахождения рассеянного фосфата железа (вивианита или, точнее, β -керченита). Чаще всего



Фиг. 103. То же. Слева показана деталь структуры сферолитов, увел. 750 (николи скрещены)



Фиг. 104. Выделение гипса в аллохтонном древесном торфе из верхней части старичной линзы (район Спасска-Рязанского на р. Оке). Обр. 740-3, увел. 430



Фиг. 105. То же, николи скрещены

он образует мелкие лучистые стяжения шестоватых зерен, метасоматически замещающих тонкодисперсную массу осадка (фиг. 106, 107). Длина отдельных кристаллических индивидов доходит до 0,2 мм. В скрещенных николях кристаллики фосфата обнаруживают высокую интерференционную окраску и прямое погасание относительно главной зоны. Мелкие кристаллики имеют заметный плеохроизм: от бесцветного и светло-зеленого $\parallel Ng$ до светло-зеленого и травяно-зеленого

|| *Np*. Более крупные зерна в иммерсионных препаратах характеризуются сильно выраженным плеохроизмом от светло-желтого || *Ng* до густого синего, почти непрозрачного || *Np*. Показатели преломления следующие: $Ng' = 1,633—1,640$, $Np' = 1,582—1,590$, $Ng—Np = 0,048—0,050$. Хорошо выражена спайность по (010). Часто кристаллики фосфата располагаются не в виде групп-друзочек, а поодиночке.

Другой распространенной формой фосфатных выделений являются овальные миндалины до 0,05—0,10 мм в поперечнике, имеющие прекрасно выраженное метаколлоидальное строение (фиг. 108, 109). В скрещенных николях обнаруживается характерная для сферолитов фигура погасания. Внешняя зона миндалин не поляризует (очевидно, еще не раскристаллизована).

Нередко выделения фосфатов железа имеют характер цемента, облекающего наиболее крупные терригенные зерна и метасоматически замещающего тонкодисперсную массу осадка. Размер участков цементации достигает 0,15—0,20 мм, границы их очень неровные, лапчатые. Вещество цемента однородно, имеет зеленоватую окраску, иногда со слабым буроватым оттенком. В целом оно оптически изотропно, однако иногда в центре стяжения обнаруживаются слабо поляризующие участки, состоящие из типичных для вивианита-керченита мельчайших шестоватых кристалликов. Описываемая разновидность выделений фосфатов железа может быть легко принята за новообразования лептохлоритов. Последние же в современных аллювиальных осадках Днепра, Десны и Оки достоверно не были обнаружены.

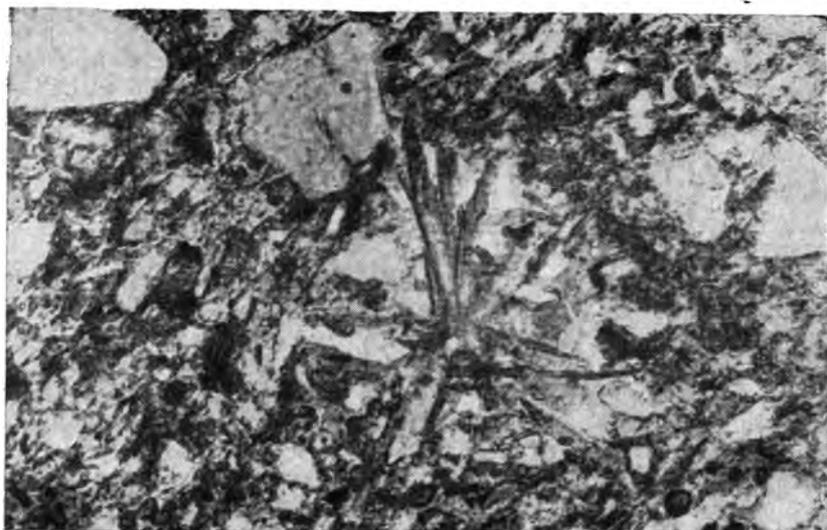
Нередко с фосфатами ассоциируют аутигенные карбонаты, представленные обычно кальцитом. Установить последовательность выделения этих минералов трудно. Все же можно предполагать, что кальцит иногда образовывался позднее, так как в некоторых случаях он как бы «съедает» зерна фосфатов.

В болотах Белоруссии в тесном парагенезе с вивианитом находится сидерит. Г. И. Бушинский (1946) отмечает также наличие зеленой глины, окисляющейся на воздухе в бурый цвет, которую он предположительно относит к шамозиту.

Аутигенные глинистые минералы. В шлифах, сделанных из почвенных монолитов, очень часто обнаруживается новообразованное глинистое вещество (фиг. 110—113). Оно имеет вид однородных колломорфных скорлуповато-слоистых сгустков буровато-желтого цвета. Часто эта однородная масса цементирует терригенные зерна. В скрещенных николях видно агрегатное строение глинистого вещества, состоящего из мелких кристаллических индивидов, однообразно ориентированных поперек линий нарастания и часто образующих хорошо выраженные крустификационные каемки (фиг. 113). Глинистые агрегаты имеют волнистое погасание, высокую интерференционную окраску (до зеленого цвета первого порядка) и положительный знак удлинения главной зоны. Схема плеохроизма: || *Np* — светло-желтый, желтовато-бурый; || *Ng* — желтовато-бурый, светло-коричневый. Показатели преломления, измеренные в иммерсионных препаратах, составляют: $Ng' = 1,578—1,581$; $Np' = 1,556—1,558$; $Ng—Np = 0,022—0,023$. Приведенная оптическая характеристика глинистых новообразований совпадает с оптическими свойствами ориентированных агрегатов из пелитовой фракции осадков (см. табл. 30).

Случаи нахождения в почвах новообразованного колломорфного глинистого вещества описаны в отечественной и зарубежной литературе. Подробная сводка по этому поводу имеется в статье Е. А. Яриловой и Е. И. Парфеновой (1957).

Е. А. Ярилова и Е. И. Парфенова изучили всеми современными методами исследования аутигенные глинистые минералы из иллювиаль-

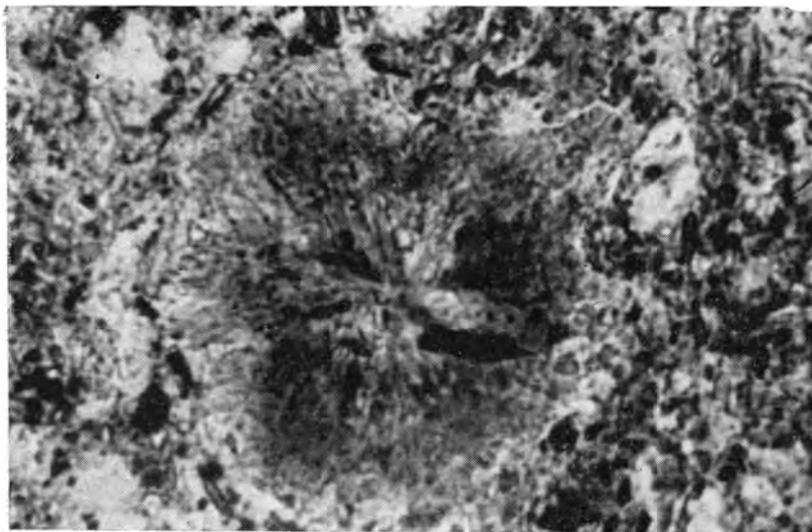


Фиг. 106. Игольчатые выделения вивианита (β -керченита) в старичном иле (район Спасска-Рязанского на р. Оке). Обр. 1052, увел. 120

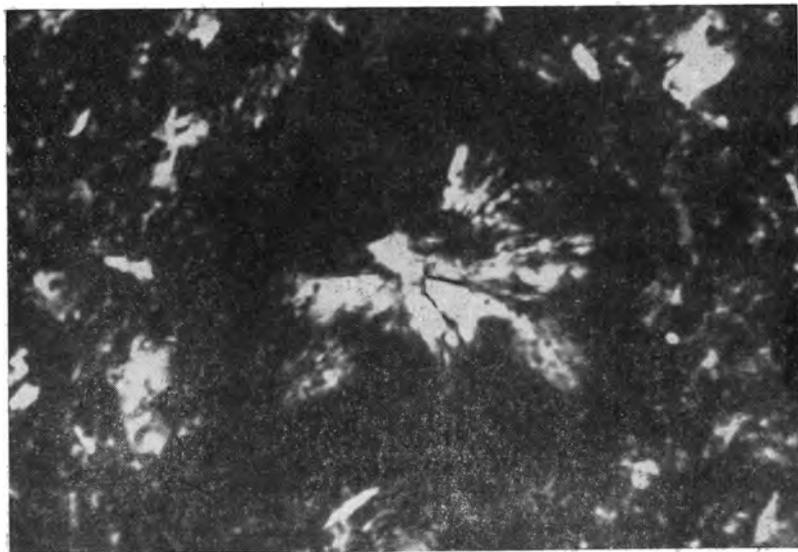


Фиг. 107. То же. Увел. 258 (никили скрещены)

ных горизонтов различных зональных типов почв (Парфенова и Ярилова, 1956; Ярилова и Парфенова, 1957, 1959). Морфологически и оптически эти новообразования вполне соответствуют их аналогам из пойменных почв Днепра, Десны и Оки. На рентгенограммах базальный рефлекс (001) занимает промежуточное положение между аналогичными отражениями монтмориллонита и иллита и не изменяется при обработке образцов глицерином. На кривых нагревания хорошо выражены эндоэффекты при 95—120°, слабее при 500—550°; иногда прояв-

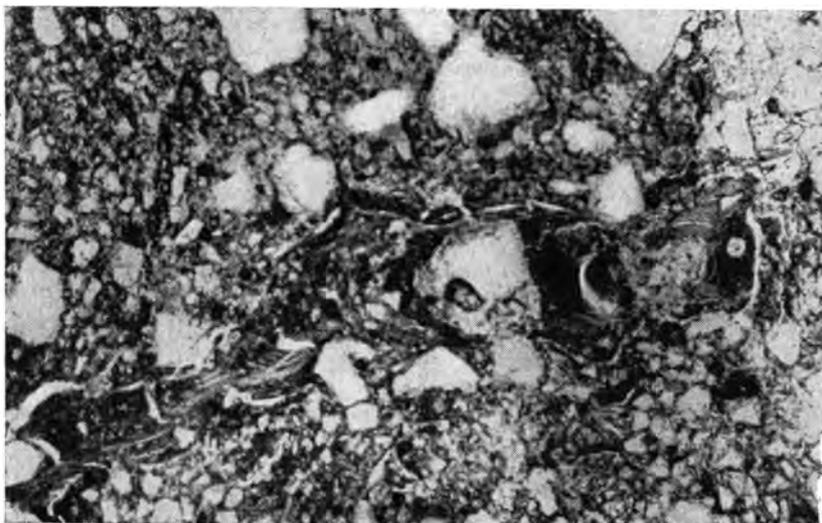


Фиг. 108. Пятнистое выделение слабо раскристаллизованного виванита в старичном иле (район Спасска-Рязанского на р. Оке). Обр. 1148, увел. 515



Фиг. 109. То же, никили скрещены

ляется небольшой экзоэффект при 915—930°. Кривые обезвоживания показывают довольно равномерную потерю воды до 600°. Химический состав характеризуется некоторым закономерным изменением количества SiO_2 и R_2O_3 . Молекулярное отношение $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$ обычно составляет около трех. Емкость поглощения образцов колеблется от 45 до 65 мг-экс на 100 г. Структурные формулы глинистых новообразований близки к формулам иллитов и бейделлитов. Однако от иллитов их



Фиг. 110. Коллоидальные выделения аутигенного глинистого вещества в современной дерново-луговой почве (район Спасска-Рязанского на р. Оке). Обр. 1090, увел. 66



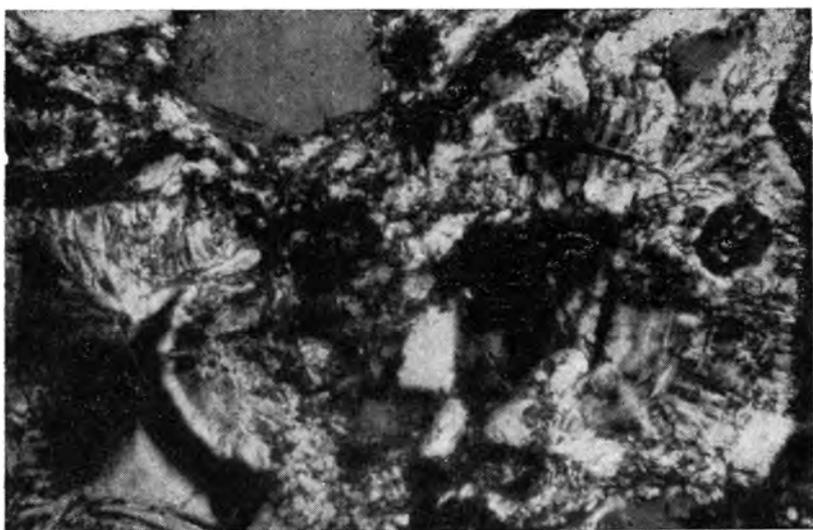
Фиг. 111. То же, увел. 258

отличает меньшее содержание калия и повышенное содержание железа. От бейделлитов они, наоборот, отличаются наличием достаточного количества калия, несколько большим замещением кремния на алюминий в тетраэдрическом слое и повышенным содержанием железа в октаэдрическом слое.

В итоге Е. А. Ярилова и Е. И. Парфенова приходят к выводу, что однородные колломорфные новообразованные глинистые минералы в



Фиг. 112. Характер выделения аутигенного глинистого вещества в современной дерново-луговой почве (район Спасска-Рязанского на р. Оке).
Обр. 1090, увел. 258



Фиг. 113. То же, увел. 258 (николи скрещены)

почвах следует рассматривать как синтетические минералы переменного состава, для которых ими предлагается специальное название «полыниты».

Возможность синтеза глинистых минералов была показана Е. А. Яриловой (1956) на самых первых стадиях почвообразования благодаря находкам поляризующих бледно-желтых пленок в порах андезито-базальтового туфа, покрытого лишайниками, а также в маломощном черноземе на элювии этого же туфа.

Что касается обычных почв, то аутигенное глинистое вещество локализуется не только в их иллювиальных горизонтах, куда оно может быть механически вымыто сверху¹, но находится и в самых верхних (0—5 см) частях почвенных разрезов (Ярилова и Парфенова, 1957).

Итак, в самых разнообразных типах почв, в том числе и в молодых пойменных почвах, присутствуют аутигенные образования глинистого вещества. Происхождение их за счет раскристаллизации коллоидов не вызывает сомнения. Однако сами источники указанных коллоидов могут быть различными. В одних, вероятно, преобладающих, случаях коллоиды образуются за счет пептизации уже имеющегося в почвах глинистого вещества. В других случаях, по-видимому, может иметь место синтез этих коллоидов за счет материала, возникающего при гумификации и минерализации растительных остатков, на что указывал еще Б. Б. Польшов (1956).

* * *

Кроме диагенетических минералов, в осадках имеются также и аутигенные минеральные новообразования органического происхождения, представленные обычно арагонитом и опалом.

Арагонит слагает раковины моллюсков, которые всегда во множестве содержатся в старичных и заиленных русловых осадках. В шлифах обломки раковины резко отличаются по своей величине и сложному внутреннему строению от зерен хемогенных карбонатных новообразований — кальцита и сидерита.

Опал широко распространен в осадках старичного и болотного типов. Он слагает обычно панцири диатомей самой разнообразной формы, среди которых наиболее часто встречаются обломки в виде мельчайших кружочков размером до 0,01—0,007 мм. Реже попадаются более крупные обломки и целые панцири диатомей. Иногда обнаруживаются также спикулы пресноводных губок. В шлифах можно нередко видеть явные следы растворения скорлупок диатомей. Вероятно, при этом растворенный опал в значительной мере выносится из осадка, так как случаев вторичного, хемогенного выделения опала не наблюдалось.

¹ Р. Брюер (Brewer, 1956) обнаружил, что при пропускании глинистых суспензий через колонки кварцевого песка глинистые частицы откладываются на зернах кварца в виде тонких ориентированных пленок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящая работа представляет по существу первую попытку обобщающей литолого-фациальной характеристики современного аллювия равнинных рек умеренного пояса. Поэтому далеко не все затронутые в ней вопросы удалось осветить в достаточной мере. Прежде всего это объясняется еще малым объемом литологических исследований аллювия вообще и современных аллювиальных осадков в частности. Следует также подчеркнуть, что изучение аллювия в литолого-фациальном аспекте до сих пор не получило достаточного развития, а имеющиеся на этот счет данные в литературе носят отрывочный и узкоспециальный характер (для нужд гидростроительства и водоснабжения, почвоведения и т. д.).

Рассмотренные в настоящей работе аллювиальные осадки характеризуют нормальный тип аккумуляции, который, вслед за В. В. Ламакиным (1950), обычно называют перстративным. Этот тип аккумуляции аллювия связан с многократным переотложением материала по пути к конечным водоемам стока. Перстративный аллювий равнинных рек образуется в условиях уравновешенного тектонического режима. Реки, отлагающие этот аллювий, отличаются достаточно выработанными продольными профилями, часто приближающимися к идеальным профилям равновесия. Донная эрозия рек выражена слабо или может вовсе отсутствовать. Нормальная мощность аллювия (по терминологии Е. В. Шанцера, 1951, 1961) не превышает немногих десятков метров и соответствует разности средних отметок дна русла и уровня полых вод. Все основные особенности строения аллювиальных толщ данного типа обуславливаются боковыми смещениями мигрирующих русел и периодически повторяющимися паводками при относительной устойчивости основных факторов формирования аллювия.

Перстративный тип аллювия преобладает в историко-геологическом аспекте. Однако он не является единственным.

При устойчивых погружениях в тектонически активных областях аккумуляция аллювия начинает осуществляться в констративной фазе (по терминологии В. В. Ламакина, 1950). Это проявляется прежде всего в значительном увеличении мощности аллювиальных толщ. в неоднократном и даже частом чередовании в их разрезах по вертикали различных фаций аллювия, особенно русловых. В областях таких погружений переувлажнение аллювия становится менее полным, и общая картина осадконакопления усложняется. В этом случае в строении аллювия существенную роль приобретают отложения озерного типа. Они известны в составе мощных угленосных свит (Жемчужников и др., 1959). Эти отложения имеют небольшую мощность, разнообразный, преимущественно алевролитовый состав и обычно характеризуются правильной горизонтальной слоистостью. Часто с ними связаны ископаемые торфяники. В целом констративный тип аккумуляции наиболее харак-

терен для обширных аллювиальных равнин, располагающихся как внутри континентов, так и близ побережий крупных водоемов морского типа.

Существенно иной характер приобретает аллювиальное осадконакопление в аридной зоне даже в случае сохранения его перстративного типа. Здесь гидрологический режим водотоков отличается крайним непостоянством и огромными различиями между максимальными и минимальными расходами воды. Уже при спаде паводков русла рек распадаются на цепи отдельных полуизолированных и изолированных водоемов-плёсов. Во время межени, резко преобладающей в годичном цикле, значительно повышается минерализация речных и грунтовых вод, которые могут приобретать солоноватый характер. В семиаридных условиях засушливых степей в разрезах аллювиальных свит решительно преобладают тонкозернистые отложения пойменного типа, образующиеся главным образом за счет взвесей. Русловые отложения также характеризуются тонкозернистостью, карбонатностью и существенно иными условиями накопления органического материала. В настоящих пустынях, особенно в условиях расчлененного низкогорного рельефа, аллювий как самостоятельный генетический тип сильно редуцируется, и в строении толщ, выполняющих эрозионные долины, большую роль начинают играть делювиальные и пролювиальные отложения.

Специфическими чертами отличается также аллювий горных рек, характеризующийся безраздельным господством грубообломочных русловых фаций.

Есть еще и другие, менее существенные особенности разных типов аллювия, основные черты которых рассмотрены в работе Е. В. Шанцера (1961).

Таким образом, настоящая работа не может претендовать на полноту освещения всех аспектов проблемы современной седиментации аллювия. Все же положенный в ее основу материал позволяет сделать ряд выводов, имеющих значение для познания аллювиального осадконакопления и более конкретной оценки его роли в общем ходе осадочного процесса.

1. Аллювиальное осадконакопление существенно отличается от лучше всего изученной седиментации в конечных водоемах стока. Одно из отличий состоит в ограниченности набора петрографических типов осадков равнинных рек, представленного в основном песчано-алевритовыми разностями. Реже встречаются крупнообломочные и крупнопелитовые осадки. Наиболее же тонкодисперсные и растворимые дифференциаты не задерживаются в сфере аллювиального осадконакопления, а сбрасываются в конечные водоемы. В виде исключения некоторая часть мелких пелитовых и коллоидных частиц может выпасть при коагуляции из взвесей или адсорбироваться более крупными частицами при осаждении. Биохомогенное отложение некоторых типов осадков, которое характерно для конечных водоемов, в аллювии гумидного пояса практически отсутствует. Аллювий значительно обеднен большинством элементов по сравнению с коренными породами и отложениями конечных водоемов.

2. Несмотря на свою незавершенность в целом, аллювиальное осадконакопление все же идет под знаком хорошо выраженной механической дифференциации. Последняя осуществляется главным образом по направлению от русла в глубь поймы и в меньшей степени — вдоль направления речной долины.

3. Механическая дифференциация наносов от русла в глубь поймы создает типичный фациально-седиментационный профиль аллювия: стрежневая зона русла → русловая отмель → прирусловый вал → приречная пойма → внутренняя пойма → вторичный водоем поймы → старица →

→ болотные почвы и торфяники. Для последних четырех членов ряда характерно существенное влияние наложенных процессов накопления автохтонного органического материала.

Отмеченная механическая дифференциация обуславливает закономерное изменение гранулометрического состава (Md , So) осадков, содержания тяжелой фракции, распределения элементов со сложными формами миграции (малых элементов, железа и др.), а также сортировку минералов по их размеру, удельному весу и форме. В отношении глинистых минералов механическая дифференциация проявляется чрезвычайно слабо. Распределение $S_{орг}$ и особенно карбонатов контролируется не только механической дифференциацией, но и деятельностью местного растительного и животного мира.

Существенными факторами, усложняющими механическую дифференциацию осадков поймы, являются ее рельеф и наложенные процессы почвообразования. Осадки межгрядных ложбин отличаются от аналогичных осадков гряд большей скоростью накопления и мелкозернистостью, повышенным содержанием органики и значительно более низкими величинами рН. Иногда одни и те же слои осадков на гривах и в ложбинах могут быть даже отнесены к различным фациям. Все осадки поймы, даже самые новейшие, являются ареной энергичной деятельности мелких землероев (червей, насекомых, личинок и др.), приводящей вместе с другими агентами к маскировке или полной потере осадками первичной слоистости.

4. Механическая дифференциация аллювия вдоль направления речной долины проявляется в медленном уменьшении вниз по течению реки крупнозернистости осадков всех фаций, а также в изменении степени их сортировки. Последняя обычно имеет противоположные тенденции изменения для осадков, образующихся за счет взвешенного и влекомого материала. В русловых осадках и особенно отложениях прирусловых валов наблюдается изменение масштаба и преобладающего типа текстур. Дифференциация проявляется также в изменении минерального состава аллювия при транспортировке, которое обуславливается сложным сочетанием различных факторов, неодинаковым по отношению к разным минералам.

5. Современным аллювиальным осадкам представляют собой сложные физико-химические системы, характеризующиеся широким диапазоном окислительно-восстановительных и щелочно-кислотных условий: зафиксированные величины Eh колеблются в пределе от 680 mV до —123 mV , а рН — от 8,43 до 4,31. В этих осадках выделяется несколько характерных физико-химических обстановок, каждая из которых отличается вполне определенными средними значениями Eh , рН, степенью редукции некоторых окислительно-восстановительных систем (например, $Fe^{2+} \rightleftharpoons Fe^{3+}$), а также специфической диагенетических процессов и характерными парагенезисами минеральных новообразований. Процессы диагенеза заметно проявляются даже в самых молодых субаквально-старичных и субаэрально-пойменных отложениях, возраст которых не превышает нескольких сотен или тысяч лет. Наиболее ранние стадии диагенеза создают условия для дальнейших диагенетических преобразований аллювиальных осадков. Более полный материал о ходе последних можно будет получить, очевидно, в дальнейшем при сравнении отложений различного возраста, образованных в сходных фациальных обстановках.

6. Хотя настоящая работа непосредственно не преследовала практических целей, изложенный в ней материал может быть полезным для разработки целого ряда вопросов практического характера.

Учет фациально-литологической неоднородности аллювия чрезвычайно важен при изысканиях для гидротехнического строительства. При

оценке фильтрационных свойств песчаных русловых грунтов следует принимать во внимание возможность захоронения в них прослоев заиления. Еще в бóльшей степени литологические различия грунтов должны учитываться при оценке фильтрационных свойств старичных и пойменных отложений. Важное значение имеет учет фациальной неоднородности аллювия как основания под основные гидротехнические сооружения. Так, сходные по гранулометрическому составу грунты, образовавшиеся в различных фациальных обстановках, например пойменных и старичных, могут иметь неодинаковую степень тиксотропности, влажности, содержания органического вещества, различный микроагрегатный состав и пр. Многообразие и сложность щелочно-кислотных и окислительно-восстановительных условий аллювиальных осадков обуславливает пестроту гидрохимии грунтовых вод, в том числе появление их очагов с повышенной агрессивностью. Так, в районе створа будущей плотины Каневского гидроузла указанные очаги, как удалось выяснить автору при специальном исследовании, приурочены к старично-болотным осадкам, залегающим в верхних частях старичных линз и имеющих кислую среду ($\text{pH}=4,5\text{—}5$). При расположении разведочных выработок важен учет всех этих обстоятельств, а также рельефа поймы, элементы которого прямо связаны с распределением типов осадков. В связи со всем сказанным приобретает практический смысл оконтуривание фаций при инженерно-геологических изысканиях и раздельное изучение этих фаций.

Наконец, приведенные в работе данные о характере распределения редких элементов и тяжелой фракции в аллювии могут иметь значение при дальнейшей разработке вопросов геохимии осадочных толщ и практических вопросов геологии россыпей.

ЛИТЕРАТУРА

- Авдусин П. П. Материалы по минералогии аллювия рек Азербайджана.— Труды Геол. ин-та им. И. М. Губкина, 1939, 16.
- Авдусин П. П. О гранулометрическом и минералогическом составе аллювия некоторых рек Сибири.— Труды Ин-та нефти АН СССР, 1956, 7.
- Аллювиальные отложения в угленосной толще среднего карбона Донбасса. Гл. ред. Ю. А. Жемчужников.— Труды Ин-та геол. наук АН СССР, 1954, вып. 151, угольная серия (№ 5).
- Ананьев В. П. Минералогический состав, генезис и просадочность лёсса левобережья Нижнего Днепра. Автореф. канд. дисс. Киев, 1954.
- Барановская З. М. О генетических типах речных стариц.— Землеведение, 1937, 39, № 2.
- Батурин В. П. К петрографии аллювия рек Союза. Река Кура.— Бюлл. Моск. об-ва испыт. природы, отд. геол., 1934, 12, вып. 3.
- Батурин В. П. Петрографический анализ геологического прошлого по терригенным компонентам. М.— Л., Изд-во АН СССР, 1947.
- Билибин Ю. А. Основы геологии россыпей. М.— Л., ГОНТИ, 1938.
- Бондарчук В. Г. Рельеф УРСР. Київ, 1949.
- Ботвинкина Л. Н. Слоистость как генетический признак осадочных пород. В кн.: «Вопросы седиментологии». М., Госгеолтехиздат, 1960.
- Ботвинкина Л. Н. Слоистость осадочных пород.— Труды Геол. ин-та АН СССР, 1962, вып. 59.
- Бруевич С. В. Окислительно-восстановительный потенциал и рН осадков Южного Каспия.— Труды Всес. научно-исслед. ин-та рыбн. хоз-ва и океаногр., 1937, 6.
- Бруевич С. В. Окислительно-восстановительный потенциал и рН осадков Баренцева и Карского морей.— Докл. АН СССР, 1938, 19, № 8.
- Бушинский Г. И. Условия накопления сидеритов, вивианитов и бурых железняков в болотах Белоруссии.— Бюлл. Моск. об-ва испыт. природы, отд. геол., 1946, 21, вып. 3.
- Былинский Е. Н. Влияние Днепровских порогов на развитие продольного профиля Днепра в четвертичном периоде.— В кн.: «Сборник статей аспирантов географического факультета МГУ». М., Изд-во МГУ, 1958.
- Веденеева Н. Е., Видулова М. Ф. Метод исследования глинистых минералов с помощью красителей и его применение в литологии. М., Госгеолиздат, 1952.
- Вейхер А. А. Опыт изучения осадкообразования в турбулентном потоке. В кн.: «Литологический сборник», т. II. М.— Л., Гостоптехиздат, 1948.
- Веклич М. Ф. Четвертинні відклади правобережжя Середнього Дніпра. Київ, Вид-во АН УРСР, 1958.
- Вильямс В. Р. Почвоведение. Общее земледелие с основами почвоведения. Изд. 3. М., Сельхозгиз, 1939.
- Виноградов А. П. Геохимия рассеянных и редких химических элементов в почвах. Изд. 2. М., Изд-во АН СССР, 1957.
- Виталь Д. А., Ратеев М. А. К исследованию состава взвешенных веществ в донных осадках р. Сыр-Дарьи.— Бюлл. Моск. об-ва испыт. природы, отд. геол., 1959, 34, вып. 3.
- Гантимуров И. И. Окислительно-восстановительные условия и главнейшие свойства почв, орошаемых сточными водами. Автореф. канд. дисс. Л., 1940.
- Герасимов Д. А. Торф, его происхождение, залегание и распространение. М.— Л., ГОНТИ, 1932.
- Глаголева М. А. Форма миграции элементов в речных водах. В кн.: «К познанию диагенеза осадков». М., Изд-во АН СССР, 1959.
- Глаголева М. А. К геохимии осадков Черного моря. В кн.: «Современные осадки моря и океанов». М., Изд-во АН СССР, 1961.

- Глотова Т. В. Иловые отложения пойменных водоемов рек Волги и Медведицы и их влияние на плодородие почв.— Почвоведение, 1961, № 8.
- Годлин М. М. Почвенный покров Казаровичской поймы р. Днепра. Изд. Казаровичской опытно-мелиорат. станции, 1928.
- Горбунов Н. И. Закономерности распространения глинистых минералов в главных типах почв СССР.— Почвоведение, 1956, № 2.
- Горбунова З. М. Свойства почв поймы р. Клязьмы и минералогический состав их илистых фракций.— Почвоведение, 1961, № 1.
- Горецкий Г. И. Об одном способе палеогеографических реконструкций некоторых элементов пойменного ландшафта.— Вopr. геогр., 1947, сб. 3.
- Грим Р. Е. Минералогия глин. М., ИЛ, 1956.
- Громова Е. В. 1. Минералогический состав осадков дельты р. Дона. Автореф. канд. дисс. М., 1953.
- Громова Е. В. 2. Минералогический состав осадков дельты р. Дона.— Докл. АН СССР, 1953, 91, № 2.
- Давыдов Л. К. Гидрография СССР, ч. 2. Л., Изд-во Ленингр. ун-та, 1955.
- Дмитриев Н. И. О количестве и возрасте террас Среднего Днепра.— Землеведение, 1937, 39, № 1.
- Дмитриев Н. И. Формы рельефа и ландшафты УССР, связанные с оледенением.— Уч. зап. Харьковск. ун-та, 1955, 56. (Труды геогр. фак., 2).
- Дмитриев Н. И. О возрасте шестой террасы Среднего Днепра.— Изв. АН СССР, серия геогр., 1956, № 5.
- Добровольский В. В. Минералогия карбонатных стяжений из четвертичных суглинков.— Зап. Всес. мин., об-ва, 1955, 84, вып. 2.
- Добровольский В. В. Фосфаты из современных торфянистых отложений Центрально-Русской лесостепи.— Труды Мин. музея АН СССР, 1957, вып. 8.
- Добровольский В. В. О минералогии гипергенеза четвертичных отложений Центрально-Русской лесостепи.— Бюлл. Моск. об-ва испыт. природы, отд. геол., 1960, 35, вып. 4.
- Добровольский Г. В. Почвы поймы р. Оки в нижнем ее течении.— Почвоведение, 1956, № 4.
- Докторовский В. С. Болота и торфяники, развитие и строение их. М., Изд. Торф. отд. Упр. водного хоз-ва..., 1922.
- Дядченко М. Г. О минералогическом составе лёссовых пород Украинской ССР.— Труды Ин-та геол. наук АН СССР, серия геоморфол. и четвертич. геол., 1957, вып. 1.
- Жемчужников Ю. А., Яблоков В. С., Боголюбова Л. И. и др. Строение и условия накопления основных угленосных свит и угольных пластов среднего карбона Донецкого бассейна, ч. 1.— Труды Геол. ин-та АН СССР, 1959, вып. 15.
- Заруцкий К. М., Мельник В. І. До мінералогічної характеристики лесових порід північної частини басейну р. Інгульця.— Допов. АН УРСР, 1961, № 1.
- Захарьевский М. С., Василенко К. М. О применимости тонкослойных электродов для изучения окислительно-восстановительных систем.— Уч. зап. Ленингр. ун-та, 1959, № 272.
- Ильин Е. А. Минералогические коррелятивы для моренных горизонтов района дер. Пильковщина (северо-западная Белоруссия). В кн.: «Материалы конференции молодых ученых АН БССР». Минск, 1960.
- Иткина Е. Е. Методика определения окислительно-восстановительного потенциала в породах.— Труды Ин-та нефти АН СССР, 1952, 2.
- Карякин Л. И. Минералогический состав песков харьковского яруса УССР и их генезис.— Зап. Всес. мин. об-ва, 1951, 30, № 3.
- Казakov М. П. О характеристике главных типов четвертичных отложений Европейской части СССР.— Бюлл. Моск. об-ва испыт. природы, отд. геол., 1935, 13, вып. 3.
- Карякин Л. И. О геологическом строении горы Калитвы.— Труды Харьковск. об-ва естествоиспыт., 1927, 51, вып. 2.
- Карякин Л. И. Минералогический состав песков харьковского яруса УССР и их генезис.— Зап. Всес. мин. об-ва, 1951, 80, вып. 3.
- Кононова М. М. Окислительно-восстановительный потенциал как метод характеристики почвенных условий при различных способах орошения.— Почвоведение, 1932, № 3.
- Коцеруба Л. А. Литологическая характеристика современной поймы Нижней Оби.— Вестник Моск. ун-та, серия биол., почв., геол. и геогр., 1959, № 4.
- Коцеруба Л. А. Литолого-фациальная характеристика современных аллювиальных отложений р. Оби в связи с инженерно-геологической оценкой территории ее поймы. Автореф. канд. дисс. М., 1961.
- Краев В. Ф. Просадочные свойства лёссовых пород правобережной части Нижнего Приднепровья. Киев, Изд-во АН УССР, 1956.
- Крашениникова О. В. До стратиграфії горишньо-третинних відкладів південно-західної частини Дніпровсько-Донецької западини на основі мінералого-петрографічного дослідження порід.— Геол. журнал АН УРСР, 1948, 9, вып. 1—2.

- Крюков П. А. Электрохимические методы исследования почв. В кн.: «Современные методы исследования физико-химических свойств почв», вып. 2. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1947.
- Кузнецов С. И. Окислительно-восстановительный потенциал в озерах и метод его колориметрического определения.— Труды Лимнол. станции в Косине, 1935, вып. 20.
- Кузнецов С. И. Основные итоги и очередные задачи микробиологических исследований иловых озерных отложений.— Труды Всес. гидробиол. об-ва, 1949, 1.
- Кульчицкий Л. И. Использование органических красителей при адсорбционно-структурной оценке глинистых грунтов. Автореф. канд. дисс. М., 1962.
- Кухаренко А. А. Минералогия россыпей. М., Госгеолтехиздат, 1961.
- Лаврушин Ю. А. Типы четвертичного аллювия нижнего Енисея.— Труды Геол. ин-та АН СССР, 1961, вып. 47.
- Лаврушин Ю. А. Аллювий равнинных рек субарктического пояса и перигляциальных областей материковых оледенений.— Автореф. канд. дисс., М., 1962.
- Лазаренко А. А. Опыт минералогической корреляции аллювия террас Днепра и некоторых его притоков. В кн.: «Тезисы докладов студенческой научной конференции. Геологическое отделение». Харьков, Изд-во Харьковск. ун-та, 1957.
- Лазаренко А. А. 1. О формировании минерального состава современного руслового аллювия Среднего Днепра.— Докл. АН СССР, 1961, 139, № 3.
- Лазаренко А. А. 2. Степень выветрелости полевых шпатов в аллювии системы Днепра и обуславливающие ее причины.— Докл. АН СССР, 1961, 141, № 1.
- Лазаренко А. А. Распределение малых элементов в осадках Днепра, Припяти, Десны и Оки.— Докл. АН СССР, 1962, 147, № 5.
- Лазаренко А. А. 1. Минеральный состав и источники питания современного аллювия Днепра и его притоков.— Изв. высш. учеб. завед., геол. и разведка, 1963, № 4.
- Лазаренко А. А. 2. Некоторые замечания о геологическом строении горы Пивихи на Днепре.— Бюлл. Комис. по изуч. четвертич. периода, 1963, № 28.
- Ламакин В. В. О динамических особенностях аллювиальных отложений.— Докл. АН СССР, 1947, 57, № 1.
- Ламакин В. В. Динамические фазы речных долин и аллювиальных отложений.— Землеведение, 1948, 42, вып. 2.
- Ламакин В. В. О динамической классификации речных отложений.— Землеведение, 1950, 43, вып. 3.
- Леммлейн Г. Г., Князев В. С. Опыт изучения обломочного кварца.— Изв. АН СССР, серия геол., 1951, № 4.
- Лепикаш Л. А. К минералогии лёссовых образований Украины.— Труды Комис. по изуч. четвертич. периода, 1934, 4, вып. 1.
- Литвиненко А. У., Танатар-Бараш З. И. К характеристике лёссовидных пород северной части Запорожской обл.— Докл. АН СССР, 1953, 91, № 1.
- Личков Б. Л. К геологии горы Пивихи на Днепре.— Вісн. Укр. від. Геол. (ком., 1926, № 9.
- Личков Б. Л. О террасах Днепра и Припяти.— Материалы по общей и прикл. геол., 1928, вып. 95.
- Логвиненко Н. В. Материалы по изучению аксессуарных минералов Украинской кристаллической плиты.— Уч. зап. Харьковск. ун-та, 1950, 31.
- Логвиненко Н. В., Лазаренко А. А. 1. О минералогическом составе аллювиальных отложений Среднего и Нижнего Днепра и его притоков.— Бюлл. Моск. об-ва испыт. природы, 1962, 37, вып. 4.
- Логвиненко Н. В., Лазаренко А. А. 2. О применении электрофореза для выделения и накопления глинистых частиц. В кн.: «Физические методы исследования осадочных пород и минералов». М., Изд-во АН СССР, 1962.
- Лукашев К. И., Дромашко С. Г. Минералогический состав лёссовых пород Белоруссии.— Докл. АН БССР, 1960, 4, вып. 5.
- Луцев Б. С. Особенности руслового аллювия р. Камы в районе г. Перми.— Изв. Всес. геогр. об-ва, 1960, 92, вып. 5.
- Маккавеев Н. И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. М., Изд-во АН СССР, 1955.
- Мерзляков И. П., Силин А. Г. Опыт измерения окислительно-восстановительного потенциала и рН луговых торфяников.— Почвоведение, 1938, № 10.
- Методическое руководство по петрографо-минералогическому изучению глин. М., Госгеолтехиздат, 1957.
- Мордвинов А. И. Строение поймы р. Тихвинки у д. Фишевицы.— Изв. Всес. геол. развед. объедин., 1932, 51, вып. 64.
- Морозов С. С. Новое в решении проблемы лёсса.— Уч. зап. Моск. ун-та, 1951, вып. (грунтовед., кн. 2).
- Мустофаев Н. С. Концентрация водородных ионов — рН водных вытяжек из пород чокрака по Азербайджану.— Докл. АН Азерб. ССР, 1947, 3, № 4.
- Набиев К. А. Фации надводной дельты Аму-Дарьи. Автореф. канд. дисс. Ташкент, 1955.
- Нестерова И. Л. Химический состав взвесей и растворенных веществ в реке Оби.— Геохимия, 1960, № 3.

- Николаев Н. И. О строении поймы и аллювиальных отложений.— Вопросы теорет. и прикл. геол., 1947, сб. 2.
- Огиевский А. В. Общая гидрология р. Днепра. (Тезисы доклада). В кн.: «Работы конференции по проблемам Большого Днепра». Киев, Изд-во АН УССР, 1932.
- Орлов А. Н. Результаты исследования вивинитов БССР. В кн.: «Агрономические руды СССР», т. 6. М.—Л., ГОНТИ, 1939.
- Парфенова Е. И., Ярилова Е. А. Образование вторичных минералов в почвах и растениях в связи с миграцией элементов.— Почвоведение, 1956, № 4.
- Петелин В. П., Остроумов Э. А. Геохимия донных осадков Охотского моря. В кн.: «Современные осадки морей и океанов». М., Изд-во АН СССР, 1961.
- Плюснин И. И. Почвы северо-западной части Волго-Ахтубинской поймы.— Уч. зап. Саратовск. ун-та, серия геол., 1938, 1 (14), вып. 2.
- Полынов Б. Б. 1. Вторичные минералы ортштейногенных горизонтов почв. Избр. труды. М., Изд-во АН СССР, 1956.
- Полынов Б. Б. 2. Первые стадии почвообразования на массивно-кристаллических породах. Избр. труды. М., Изд-во АН СССР, 1956.
- Полянин В. А. Основные особенности литологии четвертичных отложений долины р. Волги на участке от г. Васильурска до г. Марининского Посада.— Уч. зап. Казанск. ун-та, 1950, 110, кн. 5.
- Полянин В. А. Геологическое строение современных аллювиальных отложений Волги и Камы.— Уч. зап. Казанск. ун-та, 1951, 111, кн. 1.
- Полянин В. А. Литологические исследования четвертичных отложений в долинах Волги и Камы на территории Татарской республики. Автореф. докт. дисс. Казань, 1953.
- Попов С. П. Минералы рудных пластов Керченского и Таманского полуостровов.— Труды Геол. музея Акад. наук, 1910, 4.
- Прасолов Л. И. Почвы пойм в районе р. Волхов и оз. Ильмень. (Материалы по исследованию реки Волхов и его бассейна). Л., 1927.
- Прохорова З. А. Динамика питательного режима и окислительно-восстановительных процессов в почвах поймы р. Москвы.— Почвоведение, 1957, № 1.
- Процветалова Т. Н. Минералогическая характеристика современного аллювия р. Куры и ее притоков от Дзирульского массива до г. Тбилиси.— Труды Ин-та нефти АН СССР, 1954, 3.
- Пустовалов Л. В., Соколова Е. И. Методы определения рН и Е_h в осадочных породах.— В кн.: «Методы изучения осадочных пород», т. 2. М., Госгеолтехиздат, 1957.
- Пясковский Б. В. Геологическое строение коренного ложа и состав аллювиальных отложений Нижнего Днепра.— Землеведение, 1933, 35, вып. 2.
- Радушев В. И., Кобилев А. Г. К изучению диагенеза аллювиальных осадков аридной зоны седиментогенеза.— Докл. АН СССР, 1958, 118, № 1.
- Разумихин Н. В. Экспериментальные данные о распределении тяжелых минералов в русловом аллювии.— Вестник Ленингр. ун-та, 1959, № 12.
- Ратеев М. А. Глинистые минералы и их фациальная приуроченность в водоемах гумидных зон.— В кн.: «Исследование и использование глин». Львов, Изд-во Львовск. ун-та, 1958.
- Редлих Р. Ж. О соотношении органического углерода и аутигенных минералов железа и серы в нижнем палеозое Прибалтики.— Новости техн. лит., геол., 1958, № 3.
- Ренгартен Н. В. Минералы титана в угленосных осадочных породах.— Труды Геол. ин-та АН СССР, 1956, вып. 5.
- Ромм И. И. Геохимическая характеристика современных отложений Таманского полуострова.— В кн.: «Современные аналоги нефтеносных фаций». М.—Л., Госгеолтехиздат, 1950.
- Россолимо Л. Л. Очерки по географии внутренних вод СССР. М., Учпедгиз, 1953.
- Рухин Л. Б. О закономерностях формирования состава речных песков.— Вестник Ленингр. ун-та, 1947, № 9.
- Рухин Л. Б. Стадиальность развития речных песков.— Землеведение, 1948, 42, № 2.
- Рухин Л. Б. Основы литологии. Изд. 2. Л., Гостоптехиздат, 1961.
- Рухина Е. В. Материалы к изучению литологии четвертичных отложений одиновского разреза.— Бюлл. Комис. по изуч. четвертич. периода, 1959, № 23.
- Рябченков А. С. Новые данные о происхождении украинского лёсса.— Докл. АН СССР, 1954, 98, № 4.
- Рябченков А. С. К вопросу о происхождении лёссов в свете минералогических данных.— Бюлл. Комис. по изуч. четвертич. периода, 1955, № 20.
- Ряпина В. Е. О некоторых закономерностях распределения терригенных минералов в различных фациях современного аллювия р. Волги.— Бюлл. Моск. об-ва испыт. природы, отд. геол., 1961, 36, вып. 1.
- Савич В. Г. Физико-химическая характеристика водоемов и осадков Таманского полуострова.— В кн.: «Современные аналоги нефтеносных фаций». М.—Л., Госгеолтехиздат, 1950.
- Самодуров П. С. К минералогии и генезису красно-бурых скифских глин Украины.— В кн.: «Кора выветривания», вып. 2. М., Изд-во АН СССР, 1953.

- Самодуров П. С. К минералогии рисских и вьюмских моренных суглинков Белоруссии.— Уч. зап. Якутск. ун-та, 1957, вып. 1.
- Саркисян С. Г., Спассибухова М. И. Минералогические коррелятивы четвертичных отложений Московской области.— Зап. Всес. мин. об-ва, 1944, 73, вып. 2—3.
- Сердобольский И. П. Близкие влажности на окислительно-восстановительные процессы в подзолистых почвах.— Почвоведение, 1940, № 7.
- Сердобольский И. П. Окислительно-восстановительные и щелочно-кислотные условия глееобразования.— Труды Почв. ин-та АН СССР, 1950, 31.
- Сердобольский И. П., Шаврыгин П. И. Окислительно-восстановительные условия солончакватых луговых почв Ферганской долины.— Труды Почв. ин-та АН СССР, 1950, 31.
- Сидоренко А. В. К вопросу о связи минералогического и механического состава песков.— Докл. АН СССР, 1955, 100, № 5.
- Соболев Д. Н. О неогеновых и четвертичных террасах Украины.— Сов. геол., 1938, № 6.
- Соболев Д. Н. О стратиграфии террас Среднеднепровья.— Зап. Харьковск. с.-х. ин-та, 1946, 5(42).
- Соколов А. А. Гидрография СССР. (Воды суши). Л., Гидрометеиздат, 1952.
- Соловьев П. Е. Почвы Волго-Ахтубинской поймы в связи с проблемой их орошения.— Вестник Моск. ун-та, 1953, № 6.
- Страхов Н. М. Железорудные фации и их аналоги в истории Земли.— Труды Ин-та геол. наук АН СССР, серия геол. (N 22), 1947, вып. 73.
- Страхов Н. М. Распределение железа в осадках озерных и морских водоемов и факторы, ее контролирующие.— Изв. АН СССР, серия геол., 1948, № 4.
- Страхов Н. М. Формы железа в осадках Черного моря.— Докл. АН СССР, 1958, 118, № 4.
- Страхов Н. М. Формы железа в отложениях Черного моря и их значение для теории литогенеза. В кн.: «К познанию диагенеза осадков». М., Изд-во АН СССР, 1959.
- Страхов Н. М. Основы теории литогенеза, т. 1—2. М., Изд-во АН СССР, 1960.
- Страхов Н. М., Бродская Н. Г., Князева Л. М. и др. Образование осадков в современных водоемах. М., Изд-во АН СССР, 1954.
- Страхов Н. М., Залманзон Э. С. Распределение аутигенно-минералогических форм железа в осадочных породах и его значение для литологии.— Изв. АН СССР, серия геол., 1955, № 1.
- Страхов Н. М., Залманзон Э. С., Глаголева М. А. Очерки геохимии верхнепалеозойских отложений гумидного типа.— Труды Геол. ин-та, АН СССР, 1959, вып. 23.
- Сукачев В. Н. Болота, их образование, развитие и свойства. Изд. 3. Л., Изд-во Лесн. ин-та, 1926.
- Султанов А. Д. Концентрация водородных ионов (рН) водных вытяжек из пород продуктивной толщи.— Докл. АН Азерб. ССР, 1947, 3, № 1.
- Татарский В. Б. Определение номера плагиоклаза иммерсионным методом.— Зап. Всес. мин. об-ва, 1956, 85, № 2.
- Тимофеев Г. И., Ильина Н. С. К вопросу о геохимических условиях осадко-накопления в бат-байосское время в Южном Дагестане.— Докл. АН СССР, 1959, 125, № 2.
- Филипова М. Ф. Аллювиальные отложения р. Большой Лабы и Урупа с их притоками.— Труды Совета по изуч. производ. сил АН СССР, серия сев.-кавказ., 1933, вып. 1.
- Халифа-Заде Ч. М. К вопросу о нефтепроизводящем характере глинистых пород средней юры юго-восточного Кавказа.— Докл. АН СССР, 1957, 114, № 4.
- Цветков А. И., Вальшихина Е. П. Термоаналитические характеристики некоторых сульфидов железа и меди.— Труды Ин-та геол. рудных м-ний, петрогр., мин. и геохим. АН СССР, 1958, вып. 30.
- Чаповский Е. Г., Чичагов П. В. Некоторые данные о происхождении лёссов Среднего Приднепровья.— Докл. АН СССР, 1947, 56, № 6.
- Шамов Г. И. Гранулометрический состав наносов рек СССР.— Труды Гос. гидрогр. ин-та, 1949, вып. 20(74).
- Шанцер Е. В. Основные закономерности образования и строения аллювия равнинных рек умеренного пояса и его положение среди других типов аллювиальных отложений.— Материалы по четвертичн. периоду СССР, 1950, вып. 2.
- Шанцер Е. В. Аллювий равнинных рек умеренного пояса и его значение для познания закономерностей строения и формирования аллювиальных свит.— Труды Ин-та геол. наук АН СССР, серия геол. (№ 55), 1951, вып. 135.
- Шанцер Е. В. Типы аллювиальных отложений.— В кн.: «Вопросы геологии антропогена». М., Изд-во АН СССР, 1961.
- Шраг В. И. Опыт классификации пойменных почв.— Почвоведение, 1953, № 11.
- Шукевич М. М. Минералогический состав некоторых типов ледниковых отложений Европейской части СССР и его изменение в процессах перетолжения и почвообразования.— Труды Почв. ин-та АН СССР, 1948, 28.
- Юсупова С. М. Минералогический состав твердого стока реки Вахш и ее притоков.— Сообщ. Таджик. фил. АН СССР, 1949, вып. 21.

- Ярилова Е. А. Минералогическое исследование субальпийского чернозема на андезито-базальте. В кн.: «Кора выветривания», вып. 2. М., Изд-во АН СССР, 1956.
- Ярилова Е. А., Парфенова Е. И. Новообразованные минералы глин в почвах.— Почвоведение, 1957, № 9.
- Ярилова Е. А., Парфенова Е. И. Некоторые материалы к характеристике глинистых минералов коллоидной фракции почв.— Почвоведение, 1959, № 2.
- Ярилова Е. А., Парфенова Е. И. К вопросу о природе глинистых минералов коллоидных фракций почв.— В кн.: «Доклады советских почвоведов к VII Международному конгрессу в США». М., Изд-во АН СССР, 1960.
- Burri C. Sediment-petrographische Untersuchungen an alpinen Flussanden. I. Die Sande des Tessin, Schweiz.— Mineral. und petrogr. Mitt., 1929, 9, N 1.
- Brewer R. Optically oriented clays in thin sections of soils. Rapp.— 6-me Congr. sci. sol, v. 13. Comis. I. Paris, 1956.
- Clark W. M. Studies on oxidation-reduction.— U. S. Hyg. Bull., 1928, 1—X.
- Dake C. L. The sand and gravel resources of Missouri.— Missouri Bur. Geol. and Mineral., ser. 2, 1918, 15.
- Edelman C. H. Petrology of recent sands of the Rhine and the Meuse in the Netherlands.— J. Sediment. Petrol., 1938, 8, N 2.
- Emery K. O., Rittenberg S. C. Early diagenesis of California basin sediments in relation to origin of oil.— Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geologists, 1952, 36, N. 5.
- Freise F. W. Untersuchung von Mineralen auf Abnutzbarkeit bei Verfrachtung im Wasser.— Mineral. und petrogr. Mitt., 1931, 41, N 3.
- Grim R. Concept of diagenesis in argillaceous sediments.— Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geologists, 1958, 42, N 2.
- Guggenmoos T. Über Korngrößen und Kornformenverteilung von Sanden verschiedener geologischer Entstehung.— Neues Jahrb. Mineral. Geol. und Paleontol., Abt. B, 1934, Beilage-Bd. 72, N 3.
- Isidoro A. A. Datos granulometricos de las arenas de la ria del Eo.— Estud. geol., 1960, 16, N 2.
- Mackie W. The sands and sandstones of Eastern Moray.— Trans. Edinburgh Geol. Soc., 1896, 7.
- Rittenhouse G. Sources of modern sands in middle Rio-Grande Valley, New Mexico.— J. Geol., 1944, 52, N 3.
- Rubey W. W. The size distribution of heavy minerals within a water laid sandstone.— J. Sediment. Petrol., 1933, 3, N 1.
- Russel R. D. The size distribution of minerals in Mississippi river sands.— J. Sediment. Petrol., 1936, 6, N 6.
- Russel R. D. Mineral composition of Mississippi river sands.— Bull. Geol. Soc. America, 1937, 48, N 9.
- Russel R. D., Taylor R. E. Roundness and shape of Mississippi river sands.— J. Geol., 1937, 45, N 3.
- Taggart M. S., Kaiser A. D. Clay mineralogy of Mississippi river deltaic sediments.— Bull. Geol. Soc. America, 1960, 71, N 5.
- Trask P. D. Origin and environment of source bed of petroleum. Houston, Texas, 1932.
- Trowbridge A. C. Investigations of the fluvial deposits. Nat. Res. Council Reprint and Circ. Ser. 92, Rept. Comm. Sediment. Washington, 1930.
- Volk N. I. The determination of redox potentials of soils.— J. Amer. Soc. Agron., 1939, 31, N 4.
- Weaver C. E. Geologic interpretation of argillaceous sediments.— Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geologists, 1958, 42, N 2.
- Wertz I. B. Logarithmic pattern in river placer deposits.— Econ. Geol., 1949, 44.
- Winters E., Simonson R. W. The subsoil.— Advances Agron., 1951, 3.
- Zobell C. E. Studies on redox potential of marine sediments.— Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geologists, 1946, 30, N 4

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
<i>Глава I.</i> Краткий обзор методов исследования	10
<i>Глава II.</i> Гранулометрия, текстуры и взаимоотношения осадков главных фаций аллювия	16
1. Русловая макрофация	16
Пристречневая фация	16
Фация русловых отмелей	29
Фация боковых проток	41
2. Пойменная макрофация	43
Фация прирусловых валов	43
Фация приречной поймы	55
Фация внутренней поймы	66
3. Старичная макрофация	70
Фация центральных частей крупных стариц	71
Фация небольших стариц и краевых частей крупных стариц	76
4. Фации аллювия смешанного типа	85
Фация вторичных водоемов поймы	85
Фация пойменных торфяников и болотных почв	89
Аллювиально-пролювиальные осадки поймы (Днепр)	92
<i>Глава III.</i> Механическая дифференциация и распределение терригенных минеральных компонентов в отложениях различного фациального типа	93
1. Особенности гранулометрического состава и механической дифференциации материала	93
Особенности механической дифференциации осадков от русла в глубь поймы	93
Особенности механической дифференциации осадков вдоль реки	103
2. Распределение терригенных минералов песчано-алевритовой размерности	107
Минеральный состав и источники питания современного аллювия Днепра, Десны и Оки	107
Зависимость между минеральным и гранулометрическим составом осадков	119
Об устойчивости минералов при транспортировке	124
Изменение минерального состава аллювия вниз по течению и обуславливающие его причины	130
Распределение минералов в фациальном профиле аллювия	132
Морфологические особенности минералов и их значение для корреляции	136
Распределение тяжелой фракции	143
3. Распределение глинистых минералов в аллювии	147
4. Распределение малых элементов	161
<i>Глава IV.</i> Особенности раннего диагенеза аллювиальных осадков	167
1. Распределение органического вещества	167
2. Распределение карбонатов	173
3. pH и Eh аллювиальных осадков	179
4. Формы железа как показатель окислительно-восстановительной среды осадков	198
5. Диагенетические минеральные новообразования	206
Заключение	225
Литература	229

CONTENTS

Introduction	5
<i>Chapter I.</i> Brief survey of research methods	10
<i>Chapter II.</i> Granulometrie, structures and sediment relations of the main alluvium facies	16
1. River-bed macrofacies	16
Race facies	16
Facies of river-bed shoals	29
Facies of side branches	41

2. Flood-plain macrofacies	43
Facies of river-bed banks	43
Facies of river flood-plains	55
Facies of the inner flood-plain	66
3. Oxbow macrofacies	70
Facies of the central parts of large oxbows	71
Facies of small oxbows and marginal parts of large oxbows	76
4. Alluvium facies of a mixed type	85
Facies of secondary flood-plain basins	85
Facies of flood-plain turfarries and marshy soils	89
Alluvial-proluvial sediments of river flood plain (Dnieper)	92
<i>Chapter III. Mechanical differentiation and distribution of terrigenous mineral components in the deposits of different facies types</i>	93
1. Specific features of grain size and mechanical differentiation of material	93
Specific features of the mechanical differentiation of sediments from the river-bed towards the center of the flood plain	93
Specific features of the mechanical differentiation of sediments along the river	103
2. Distribution of terrigenous minerals of the sand-aleuritic size	107
Mineral composition and supply sources of recent alluvium of Dnieper, Desna and Oka	107
Dependence between the mineral and grain-size composition of the sediments	119
On the stability of minerals in transport	124
Changes in the mineral composition of alluvium downstream and the factors determining them	130
Mineral distribution in the facies profile of alluvium	132
Morphological features of minerals as factors of importance in correlation	136
Distribution of clay minerals in alluvium	143
3. Distribution of clay minerals in alluvium	147
4. Distribution of minor elements	161
<i>Chapter IV. Specific features of early diagenesis in alluvial sediments</i>	167
1. Distribution of organic matter	167
2. Distribution of carbonates	173
3. pH and Eh of alluvial sediments	179
4. Iron forms as an indicator of the oxidation-reduction medium of the sediments	198
5. Diagenetic new mineral forms	206
Conclusion	225
Bibliography	229

А. А. Лазаренко

**Литология аллювия равнинных рек гумидной зоны
(на примере Днепра, Десны и Оки)**

Труды ГИН, вып. 120

Утверждено к печати Геологическим институтом АН СССР

Редактор Издательства *Л. А. Рабинович*. Технический редактор *Ю. В. Рылина*

Слано в набор 2/IX 1964 г. Подписано к печати 23/XI 1964 г. Формат 70×108¹/₁₆. Печ. л. 14,75+
+1 вкл. =20,20 усл. печ. л.+1 вкл. Уч.-изд. л. 20,2 (19,8+0,4 вкл.). Тираж 900 экз. Т-17710.
Изд. № 3308. Тип. зак. № 5331. Темплан 1965 г. № 445.

Цена 1 р. 41 к.

Издательство «Наука». Москва, К-62, Подсосенский пер., 21

2-я типография Издательства «Наука». Москва, Г-99, Шубинский пер., 10

1 р. 41 к.