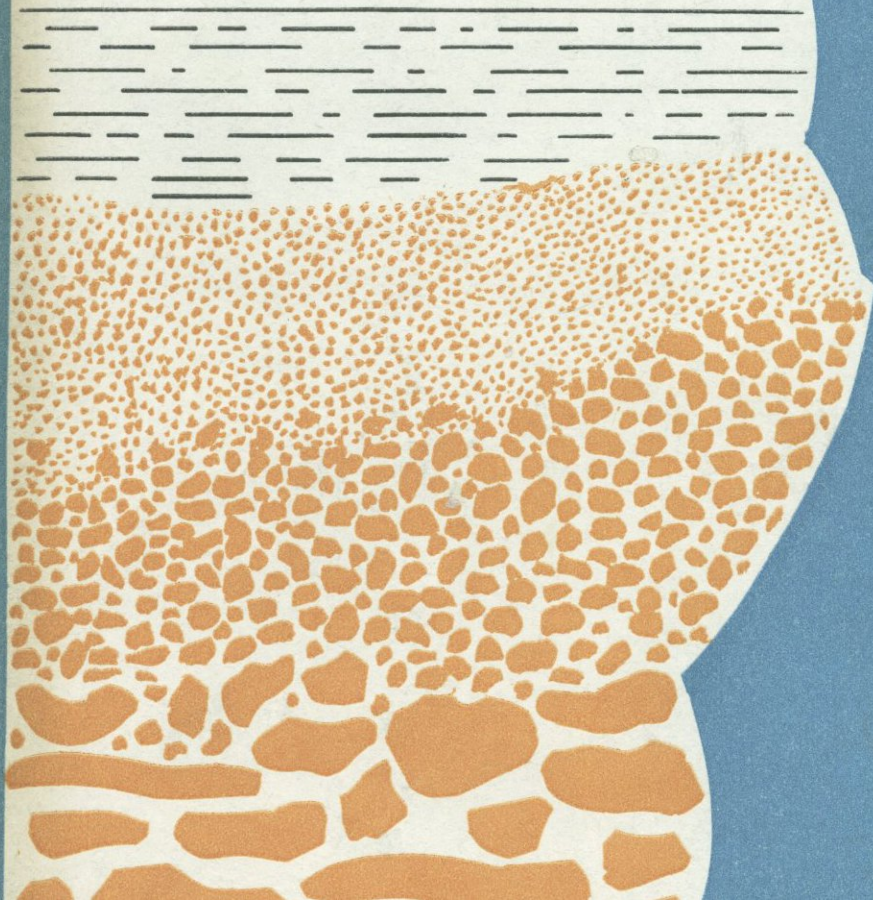
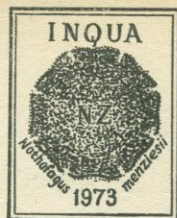


В. А. Кузнецов

# Геохимия аллювиального литогенеза





К IX МЕЖДУНАРОДНОМУ  
КОНГРЕССУ ИНКВА

---

TO THE IX INTERNATIONAL  
CONGRESS OF INQUA

---

ДА IX МІЖНАРОДНАГА  
КАНГРЭСУ ІНКВА

МИНСК 1973

АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛОРУССКОЙ ССР  
ИНСТИТУТ ГЕОХИМИИ И ГЕОФИЗИКИ

550.4+552.5

В. А. КУЗНЕЦОВ

ГЕОХИМИЯ  
АЛЛЮВИАЛЬНОГО  
ЛИТОГЕНЕЗА

1646

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА И ТЕХНИКА»



AKADEMY OF SCIENCES OF BSSR  
INSTITUTE OF GEOCHEMISTRY AND GEOPHYSICS

V. A. KUZNETSOV

GEOCHEMISTRY  
OF ALLUVIAL  
LITHOGENESIS

PUBLISHING HOUSE «NAUKA I TEKHNIKA»

АКАДЕМІЯ НАВУК БЕЛАРУСКАЙ ССР.  
ІНСТЫТУТ ГЕАХІМІІ І ГЕАФІЗІКІ

У. А. КУЗНЯЦОЎ

ГЕАХІМІЯ  
АЛЮВІЯЛЬНАГА  
ЛІТАГЕНЕЗУ

ВЫДАВЕЦТВА «НАВУКА І ТЭХНІКА»

**Геохимия аллювиального литогенеза.** В. А. Кузнецов. «Наука и техника», 1973, 280 стр.

В работе характеризуются закономерности распространения химических элементов в речных осадках Верхнего Поднепровья в зависимости от литофациальных и палеогеографических условий их формирования, химическая дифференциация аллювия, геохимические обстановки, фации и типы аллювиального литогенеза, специфика состава его продуктов. Большое внимание уделено критериям реконструкции условий образования погребенного аллювия, использованию состава речных осадков для поисков полезных ископаемых, картирования, корреляции осадков и т. д.

Монография рассчитана на работников научно-исследовательских, учебных и производственных организаций геологического профиля и смежных областей.

Табл. 68, рис. 24, библиогр. 262—276 стр.

Ответственный редактор  
К. И. ЛУКАШЕВ

**Geochemistry of Alluvial Lithogenesis.** V. A. Kuznetsov. «Nauka i tekhnika», 1973, pp. 280.

In the work the laws of distribution of chemical elements in river sediments of Upper Dnieper basin related with the lithofacial and paleogeographic conditions of their formation, the chemical differentiation of alluvium, geochemical conditions, facies and types of alluvial lithogenesis are characterized. Great attention is attached to criteria of reconstruction of conditions of buried alluvium, to the application of the composition of river sediments for the prospecting, mapping and for correlation of sediments ect.

The monograph intended for workers of research, educational, prospecting and other bodies.

Tables 68, Fig. 24, References p. 262—276.

Editor-in-Chief academician  
K. I. LUKASHEV

К  $\frac{0282-050}{M316-73}$  96-73

## ПРЕДИСЛОВИЕ

К изучению аллювиальных отложений приковано внимание многих исследователей. Научный интерес объясняется прежде всего тем, что аллювиальные отложения широко распространены среди современных осадков, в разрезе осадочных толщ всех геологических периодов, включая докембрий. Поэтому многие проблемы континентального литогенеза, миграции вещества, его дифференциации и изменения на пути от бассейнов эрозии на континенте к морским водоемам и океанам, проблемы реконструкции погребенного рельефа, выяснения источников сноса, развития ландшафтов, корреляции во времени и пространстве геологических событий и отложений прошлого, выяснения баланса вещества отдельных регионов в процессе эволюции земной коры и т. д. не могут быть решены без привлечения данных по аллювию.

Практическая значимость изучения аллювиальных отложений вытекает прежде всего из того, что к ним приурочены россыпи золота, платины, алмазов, редких элементов, месторождения меди, железа, никеля, янтаря, угля, стройматериалов. В последнее время выявляется значительная роль погребенных речных долин и их осадков как коллекторов крупных месторождений нефти и газа; обнаруживаются признаки аллювиальных осадков в метаморфических толщах, к которым приурочены крупнейшие месторождения золота, меди, урана. По осадкам рек ведутся поиски месторождений первичных руд изверженного, гидротермального и другого генезиса; по ним решаются многие вопросы медицинского и сельскохозяйственного характера, гидротехнического строительства и т. д.

В изучение аллювиальных отложений крупный вклад внесен Ю. А. Билибиным (1956), Г. И. Горещким (1961—1970), В. В. Докучаевым (1948), Ю. А. Лаврушиным (1961, 1963), В. В. Ламакиным (1960), К. И. Лукашевым (1960), Б. С. Луневым (1967), Н. И. Николаевым (1946), Л. Б. Рухиным (1947—1960), Е. В. Шанцером (1951, 1961), J. R. L. Allen (1964, 1965), а также О. А. Алекиным (1958—1963), Б. А.

Аполловым (1963), В. П. Батуриным (1934), М. А. Великановым (1955), И. П. Карташовым (1961), В. А. Кузнецовым (1964—1971), А. А. Лазаренко (1964), Н. И. Маккавеевым (1955), Г. А. Максимовичем (1955), В. Е. Рясиной (1961), И. С. Рожковым (1960), Н. М. Страховым (1954—1957), В. С. Трофимовым (1960, 1961), J. B. Mertie (1958), G. Philip (1959), P. S. Smith (1941), M. S. Taggart, A. D. Kaiser (1960), J. S. Webb с сотрудниками (1963—1968) и многими другими.

Анализ литературы, посвященной аллювию, показывает, что, несмотря на значительный прогресс в изучении речных осадков, до сих пор остаются малоразработанными геохимические аспекты аллювиального литогенеза. К ним относятся геохимическая характеристика речных отложений, формирующихся в различных фациальных условиях; выяснение закономерностей распределения элементов по генетическим и литологическим типам речных осадков и их составляющим; определение особенностей миграции элементов и их соединений при речном переносе, отложении и преобразованиях осадков, т. е. вопросы *химической дифференциации аллювия* на различных этапах, в разных условиях и обстановках аллювиального литогенеза.

В интерпретации процессов и продуктов аллювиального литогенеза преобладает подход с позиций механического накопления осадков. Не учитываются разнообразные химические процессы, сопровождающие осадконакопление, особенно их связь с диагенетическими, эпигенетическими процессами и гипергенным минералообразованием. Вместе с тем химические процессы являются определяющими в формировании ряда аллювиальных и аллювиально-дельтовых месторождений железных руд, меди, фосфоритов, вторичных россыпей золота, а изучение их продуктов лежит в основе ряда геохимических методов поиска полезных ископаемых по речным осадкам.

Недооценка геохимических аспектов аллювиального литогенеза не позволяет в полной мере использовать всю информацию палеогеохимического, палеогеографического и поискового характера, заложенную в вещественном составе речных осадков. Недостаточно разработаны критерии диагностики и разделения осадков различных типов аллювия, расшифровки фаций древних речных отложений, расчленения аллювиальных перигляциальных толщ.

Малая изученность кларковых содержаний элементов в речных осадках не дает возможности решать в полной мере вопросы потенциальной рудоносности аллювия и прогноза полезных ископаемых. Остается мало изученной проблема концентраторов элементов в аллювии и их использования в качестве поисковых признаков. Недостаточно исследований по

выявлению геохимической специфики аллювиальных продуктов как составной части системы «водная масса — осадок» и геохимических особенностей аллювиального литогенеза в процессах выветривания и континентального пороодообразования.

Изучение геохимических проблем аллювиального литогенеза открывает большие перспективы в раскрытии малоизученных сторон континентального пороодообразования; в определении палеогеографических и палеогеохимических условий формирования погребенного аллювия; в разработке критериев разделения однородных толщ речного, озерного, флювиогляциального и смешанного (озерно-аллювиального, аллювиально-дельтового и т. д.) генезиса; в стратиграфической корреляции осадков; выяснении строения и состава питающих провинций и геологических формаций; в определении глубины эрозионного среза погребенных интрузий, перекрытых чехлом покровных отложений на территории речных бассейнов; в изучении и районировании геохимических провинций и территорий в сельскохозяйственных и медицинских целях, а также в геохимических поисках полезных ископаемых.

Глубокое геохимическое изучение аллювиальных отложений, которое не было возможным до раскрытия общих геологических закономерностей формирования речных осадков, является новым этапом в изучении аллювия и его вещественного состава.

В предлагаемой работе, являющейся по существу первой попыткой обобщения геохимических данных аллювиального литогенеза, на примере речных осадков бассейна Днепра дана детальная литогеохимическая характеристика аллювиальных комплексов в разрезе неоген-четвертичной толщи, которая во многом служит стратотипом для Русской платформы в целом и речные отложения которой представлены наиболее полно и связаны с разнообразными условиями четвертичного литогенеза. Впервые показаны геохимические особенности формирования аллювия в перигляциальных условиях, выделены и охарактеризованы геохимические фации и типы аллювиального литогенеза, вскрыты основные закономерности дифференциации химических элементов на различных этапах литогенеза, разработаны геохимические критерии для реконструкции палеосред погребенного аллювия. На основе закономерностей пространственной дифференциации элементов дано геохимическое районирование территории, охарактеризована эволюция состава речных осадков на протяжении антропогена. Сопоставление составов речных отложений и других генетических типов покровных пород позволило подчеркнуть специфические черты геохимии аллювиального литогенеза и место его продуктов в формировании кор выветривания.

Естественно, не на все поднятые вопросы есть полные ответы. Это связано с тем, что проблемы геохимии аллювия в целом слабо разработаны. Бесспорно, полученные результаты и выводы послужат основой для дальнейшего научного поиска и исследований, найдут применение в практике геологических и других работ.

Автор выражает глубокую благодарность академику К. И. Лукашеву, оказавшему существенную помощь в постановке и развитии исследований речных отложений. Он также признателен академикам Г. И. Горецкому и Г. В. Богомолу за их советы, помощь и товарищескую поддержку в работе. В выполнении данного исследования на различных его стадиях — от полевых наблюдений до аналитических работ — товарищами и помощниками были Е. П. Мандер, В. К. Лукашев, В. Ф. Винокуров, Л. Н. Вознячук, С. Л. Шиманович, Н. Н. Петухова, Л. И. Матвеева, В. А. Ковалев, А. Л. Жуховицкая, А. А. Соколовская, Л. Н. Марьина, И. А. Добровольская, И. Р. Трацевская, Г. А. Шимко, В. П. Можейко, Т. А. Янковская, А. Д. Народецкая, Л. Н. Фоменко и другие сотрудники института, которых автор искренне благодарит.

**СТРОЕНИЕ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ СВИТ  
НЕОГЕН-ЧЕТВЕРТИЧНОЙ ТОЛЩИ  
БАССЕЙНА ДНЕПРА**

Бассейн Днепра в пределах БССР охватывает площадь 120,4 тыс. км<sup>2</sup> (58% территории республики), занимая южные и юго-восточные отроги Белорусской гряды, западные склоны Смоленско-Московской возвышенности (северная часть бассейна), Центрально-Березинскую и Оршано-Могилевскую равнины (центральная), Полесскую и Приднепровскую низменности (южная часть). На юге он граничит с Волинской возвышенностью и Украинским массивом. Северная часть бассейна характеризуется абсолютными отметками 346—210 м, центральная — 200—150 и южная — 150—100 м.

В геоморфологическом отношении здесь выделяются две подзоны: Белорусская гряда (с районами: Оршано-Могилевское плато и Центрально-Березинская равнина) и Белорусское Полесье (Приднепровская низменность, Мозырская равнина и Припятское Полесье). Эти подзоны и районы имеют свои особенности геологического строения и развития глубинных зон, покровной толщи, рельефа, ландшафтов и современных физико-географических процессов. Их характеристика приведена в работах В. А. Дементьева (1960) и др. Ниже кратко охарактеризуем геологические условия территории бассейна.

**Геологическое строение глубинных зон.** Основные геолого-тектонические структуры регионального характера на территории бассейна — западная часть Московской впадины, Белорусско-Литовский массив, Гомельская и Полесская седловины, Припятская впадина и Украинский щит. В их пределах выявлены структуры второго и более высокого порядка. Припятская впадина отделена от Белорусско-Литовского массива, Гомельской седловины и Украинского щита крупными глубинными разломами.

Кристаллический фундамент залегает на глубинах 1000—6000 м (Припятская впадина), 500—700 м (Гомельская седловина), 30—50 м (Микашевичский выступ) и выходит на по-

верхность (Украинский щит). Он сложен гнейсами, кварцитами, кристаллическими сланцами, гранитами, диоритами и другими породами, относимыми к архею и протерозою (Е. М. Махлин, 1952; А. М. Пап, 1962 и др.).

Осадочная толща сложена широким комплексом пород различного литологического состава, формировавшихся в разнообразных условиях. Здесь выделяются протерозойские осадочные и вулканогенные породы (А. С. Махнач, Н. В. Веретенников, 1970), эффузивы, песчаники и ламинаритовые глины эокембрия (А. С. Махнач, 1958); отложения девона, представленные пестроцветными песчаниками, мергелями, карбонатными и соленосными породами, с которыми связаны крупные месторождения солей и нефти (Г. В. Богомолов, 1946; В. К. Голубцов, А. С. Махнач, 1961; А. С. Махнач и др., 1966); известняками, мергели, глины, песчаники с прослоями угля карбона, а также пермские, юрские и меловые отложения (мергель, мел, пески).

На склонах Полесской и Гомельской седловин и Украинского щита непосредственно под четвертичными осадками на небольших глубинах, а в долинах Днепра, Сожа и Горыни на дневной поверхности встречаются третичные отложения. Палеогеновые осадки представлены преимущественно песками бучакского, киевского и харьковского ярусов (мощностью до 150 м); неогеновые — песками в подошве и глинами и суглинками в кровле (до 60 м). Особенностью неогеновых образований является их дельтовый, озерно-аллювиальный и аллювиальный генезис. При этом неогеновые прадолины бассейна Днепра пространственно близки современной речной сети (рис. 1). Аллювий и речные долины Днепра, Припяти и других рек имеют унаследованный характер развития.

Контакты неогеновых и четвертичных пород из-за близости состава отложений не всегда четкие, границы их зачастую проблематичны, что потребовало постановки специальных геохимических исследований аллювия, результаты которых изложены ниже.

Описанные отложения, как правило, залегают на значительных глубинах и не оказывали и не оказывают влияния на состав аллювиальных отложений рассматриваемой толщи. Однако в отдельных местах их влияние очевидно. В частности, выходы изверженных и метаморфических пород в верховьях Уборти, Словечны, Желони и других правых притоков Припяти (В. А. Кузнецов, 1965 б) существенно сказываются на литологических и геохимических особенностях речных неогеновых и современных осадков южной части Белорусского Полесья.

В северной части бассейна (до широты г. Могилева) отложения девона непосредственно перекрываются четвертичными

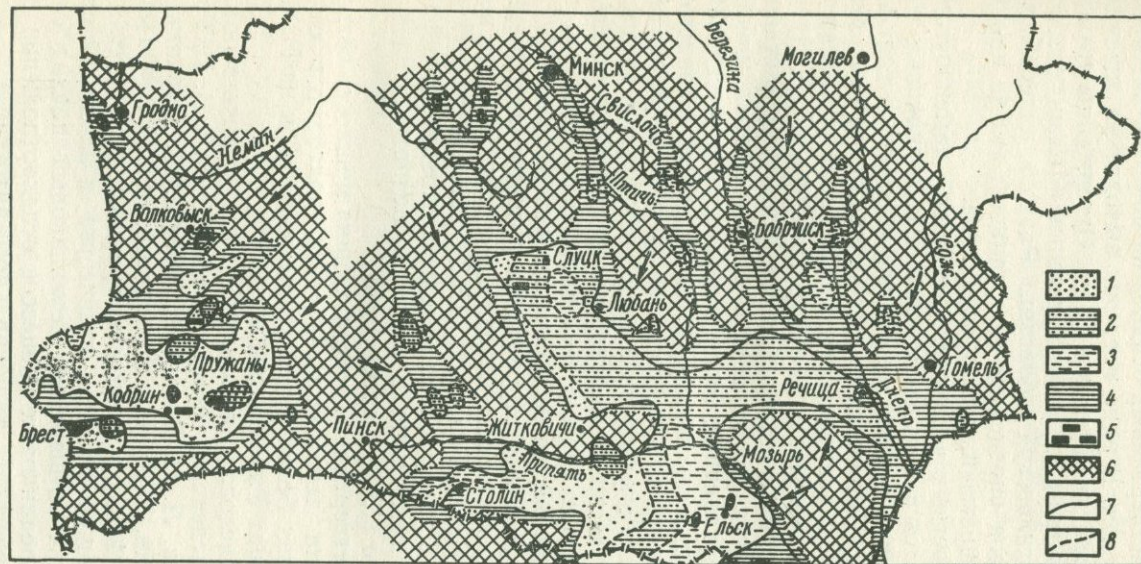


Рис. 1. Литолого-палеогеографическая карта отложений полтавской серии Белоруссии: 1 — песок, 2 — чередование песков и глин, 3 — глины, 4 — область предполагаемого развития осадков, впоследствии уничтоженных разрывом, 5 — угленосные отложения, 6 — области сноса обломочного материала, 7 — границы распространения осадков, 8 — границы распространения фаций; стрелками обозначены основные направления сноса обломочного материала (по С. С. Манькину, 1966)

осадками, а близ Орши они выходят на поверхность, образуя пороги в русле Днепра.

Меловые породы залегают на небольших глубинах, являясь подошвой четвертичных осадков на широтах между Могилевом и Рогачевом. В ряде мест они выходят на дневную поверхность по берегам Днепра и Сожа. Отторженцы этих пород широко распространены в четвертичной толще, особенно в Минской и Могилевской областях. Разрыв палеогеновых и неогеновых пород определяет минеральный состав нижнечетвертичных и современных осадков Днепра.

Обломки местных девонских, меловых, каменноугольных пород отмечаются в составе четвертичных ледниковых и флювиогляциальных и связанных с ними озерных и аллювиальных отложений. Источники высокоминерализованных хлоридно-натриевых вод, приуроченные к глубинным разломам и выходящие в долинах Птичи (Глуск), Припяти (оз. Черноцкое) и других рек, влияют на химизм вод рек и озерно-старичных водоемов, на состав поглощенного комплекса коллоидной части русловых и старичных осадков в указанных местах. В верховьях Припяти и низовьях Горыни и Ствиги в современном аллювии встречаются пресноводные луговые мергели, генетически связанные с разгрузкой карбонатных вод из меловых отложений, а участки интенсивного ожелезнения пойменного аллювия (верховья Горыни) — с выходами вод из зон тектонических нарушений докембрийских образований.

Влияние глубинного строения на развитие антропогенного рельефа и деятельность современных рек бассейна показано в работах В. И. Гридина (1969), З. А. Горелика (1958, 1960). Однако в этих работах роль неотектонического фактора в развитии речных долин, в свете последних исследований Г. И. Горецкого (1970), переоценена.

**Строение четвертичной толщи.** Общая мощность четвертичного покрова на территории бассейна колеблется от 250—100 м в пределах Белорусской гряды до 30—0 м на Полесье и северных склонах Украинского щита.

Разные исследователи выделяют в ней отложения от одного до шести оледенений (Г. И. Горецкий, 1970; В. И. Громов, К. И. Лукашев, Л. Н. Вознячук, 1968; Г. Ф. Мирчинк, 1929; А. И. Москвитин, 1954; П. А. Тутковский, 1925; М. М. Цапенко, Н. А. Махнач, 1959), при этом их границы проводятся по-разному. Из различий в оценке количества и площадей распространения ледников вытекает неодинаковый подход к интерпретации межледниковых процессов осадкоотложения и, следовательно, масштабов аллювиального литогенеза.

В настоящее время нет общепризнанной четвертичной стратиграфической шкалы не только для данной территории, но и для Русской платформы в целом. Автор считает более целе-

сообразным использовать детализированную шкалу, основанную на местных стратотипических разрезах, в частности разработанную Н. А. Махнач, Э. А. Левковым, Е. П. Мандер и другими (1970).

Нижечетвертичные отложения, предледниковые брестские (сопоставляемые с вильнюсским предгляциалом, даумантайскими слоями и т. д.) осадки встречены в районе Старобина, Пинска, Макаричей, Борисова, Добруша и др. Они сложены озерными глинами, аллювиальными песками с растительными остатками, приуроченными к погребенным углублениям речных долин и другим понижениям раннечетвертичного рельефа, каолиновыми глинами и дресвой изверженных пород, залегающих в основании надпойменных террас Горыни и ее притоков. Предледниковые аллювиальные осадки обычно встречаются в скважинах, реже обнажаются на поверхности (в том числе открытые нами разрезы у дд. Дворец, Крупейки, Щитцы). Мощность предледниковых отложений не превышает 33 м.

Нижечетвертичные ледниковые отложения представлены осадками двух оледенений: белорусского (оледенение первой половины древней эпохи, варяжское, гюнцкое) и березинского (оледенение второй половины древней эпохи, окское, миндельское), сложенных валунными супесями и суглинками темно-серого и зеленовато-серого цвета. Характерная особенность отложений: а) обилие отторженцев и обломков местных дочетвертичных пород (в основном девонских и меловых известняков, мергелей и мела в первой морене, третичных песков и глин во второй), б) наличие обломков изверженных и метаморфических пород со Скандинавского массива и дна Балтийского моря, в) очень плохая сортировка материала. Общая мощность отложений до 130 м.

Отложения белорусского оледенения сохранились лишь в переуглубленных частях раннечетвертичного рельефа, в частности в Александрійско-Копысской ложбине древнего размыва, а отложения березинского ледника широко распространены на территории бассейна. Данные последнего времени свидетельствуют о более южном его развитии, чем это усматривалось ранее М. М. Цапенко, В. И. Гридиным, Б. Н. Гурским. Обычно залегают эти отложения на глубинах до 160 м.

Осадки между указанными моренными горизонтами — налибокские (беловежские, венедские, межледниковья второй половины древней эпохи, гюнц-миндельские) — представлены в Поднепровье более чем в 20 местах и сложены озерными и аллювиальными песками, суглинками, сапропелями и торфами. Характерная их особенность — высокая карбонатность, стратифицированность, уменьшение зернистости осадков вверх по разрезу. Максимальная мощность осадков 20 м.

К среднечетвертичным относятся межледниковые александрийского возраста, днепровские и сожские ледниковые и межледниковые шкловского возраста образования.

Александрийские (первой половины средней эпохи, ливинские, миндель-рисские) межледниковые отложения представлены флювиогляциальными, озерными и аллювиальными песками, суглинками и глинами с прослоями торфяников и мергелей общей мощностью до 25 м. Вскрыты они скважинами в районах дд. Боровляны, Черноручье, Случь и других (К. И. Лукашев, Л. Н. Вознячук, 1968; М. М. Цапенко, Е. П. Мандер, 1968; М. М. Цапенко и Н. А. Махнач, 1959), а также выходят на поверхность близ д. Малая Александрия (Н. А. Махнач, Е. П. Мандер, В. А. Кузнецов, 1969).

Днепровские моренные отложения — желтоватые, буро-серые валунные суглинки и супеси — широко развиты на территории бассейна, обнажены в обрывах берегов Днепра, Припяти и других рек. Их мощность колеблется от 15—20 м в северном до 10 м в южном Поднепровье. Для них характерно повышенное содержание обломков кембрийских, силурийских, девонских, в меньшей степени мезозойских карбонатных пород.

Осадки шкловского возраста (одинцовские, рославльские, межледниковья второй половины средней эпохи) встречаются на поверхности в долине Днепра (Шклов, дд. Смётанка, Сидоровичи, Красная Дубрава, Ржавцы), а также в скважинах северной части долины Припяти. Отложения — в основном пески и супеси, реже торфяники озерного и аллювиального генезиса (В. А. Кузнецов, Е. П. Мандер, 1970). Их мощность 15—30 м.

Образования сожского (московского оледенения второй половины средней эпохи) оледенения известны в долинах Днепра (дд. Борхов, Береговая Слобода), Березины (Борисов), Припяти (Петриков, Мозырь), Ясельды (Пинск, Логишин), Птичи (Глуск), Случи (г. п. Старобин и в других местах). Они сложены бурыми супесями, суглинками, глинами. Их характерная особенность — широкое распространение обломков кремния и халцедона, большая опесчаненность и выветренность по сравнению с днепровскими моренными аккумуляциями. Мощность осадков 10—30 м. Моренным отложениям сопутствуют водно-ледниковые и озерные осадки времен наступания и отступления указанных ледников, сложенные песками и ленточными глинами мощностью до 30 м.

Верхнечетвертичные отложения представлены муравинскими озерными, болотными и аллювиальными, оршанскими моренными и флювиогляциальными, рутковичскими аллювиальными и озерно-аллювиальными осадками.

Муравинские (микулинские, межледниковья первой половины новой эпохи, рисс-вюрмские) речные отложения сложе-

ны песками, супесями, суглинками и торфами русловой, пойменной и старичной фаций, озерные — мергелями и торфяниками. Мощность осадков до 20 м. Аллювиальные отложения обычно встречаются в скважинах в северной части бассейна, а также на поверхности в обрывах Днепра (д. Борхов), Припяти (дд. Дорошевичи, Макаричи) и других рек. Известно свыше 30 разрезов этого возраста, детально охарактеризованных в работах А. И. Москвитина (1932, 1954), М. М. Цапенко и Н. А. Махнач (1966), Э. Л. Крутоус, В. А. Кузнецова, Е. П. Мандер (1970) и других.

На территории бассейна последнее оледенение, представленное оршанской (калининское, вюрмское) стадией, лишь на севере заходило в пределы Поднепровья. Его осадки представлены супесями и глинами с валунами. С его отступлением формировались флювиогляциальные пески и супеси, слагающие зандровые равнины и переходящие в долинные зандры и аллювиальные отложения вторых надпойменных террас. К этому времени относятся лессовые осадки Оршано-Могилевского плато, Мозырско-Брагинской гряды и др. В ряде работ (К. И. Лукашев, И. А. Добровольская, В. К. Лукашев, 1966 и др.) доказано преимущественное формирование белорусских лессов в водных условиях, в том числе аллювиального генезиса.

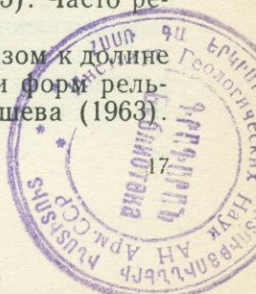
В начале второй половины верхнечетвертичного времени происходило формирование аллювия второй надпойменной террасы, широко распространенной в бассейне.

Рутковичские (валдайские, мологошексинские, межледниковья 2-й половины новой эпохи) межледниковые осадки отмечены в долине Днепра (Могилев, Мстиславль и д. Высокое). Их возрастное положение полностью не выяснено. С данным временем связано формирование I надпойменной террасы.

Современные (голоценовые) отложения представлены озерными, болотными, золовыми и речными осадками. Для территории бассейна, особенно для Полесья, характерно развитие болот. Их площади составляют в водосборе Березины 24%, Припяти — 23% и Сожа — 12% территории. Наибольшая заболоченность в Полесье приурочена к долинам Горыни (32%), Ствиги (28) и Цны (25%).

Выделяются болота и заболоченные земли длительного затопления — поймы Припяти и устьев ее притоков; менее длительного затопления — поймы притоков Припяти; земли, подтапливаемые лишь высокими паводковыми водами, — террасы рек (И. С. Лупинович, П. И. Щитников, 1955). Часто реки протекают по сплошь заболоченной долине.

Золовые отложения приурочены главным образом к долине Припяти. Генетическая близость их накоплений и форм рельефа с аллювием доказана в работах В. К. Лукашева (1963).



Таким образом, по геологическим условиям долина Днепра может быть разделена на участки: оршанский (граница РСФСР — Шклов) с развитием продуктов четырех-пяти оледенений и соответствующих межледниковий, краевая зона последнего оледенения; могилевский (Шклов — Рогачев) — территория распространения осадков трех-четырёх оледенений и их межледниковий, площадь широкого отложения лессовых осадков; жлобинский (Рогачев — Речица) — с осадками двух оледенений и речицкий участок (Речица — граница УССР) — территория преимущественно отложений днепровского и березинского оледенений и современного размыва третичных пород. Территория Припятского Полесья выделяется преимущественным распространением песчаных отложений и интенсивным заболачиванием.

Из изложенного видно, что аллювиальные отложения находятся в различных стратиграфических положениях и взаимоотношениях с осадками других генетических типов, что определяет ряд особенностей их вещественного состава.

Современные ландшафты бассейна Днепра и их составляющие — рельеф, покровные породы, почвенные и растительные ассоциации — характеризуются широтной зональностью, что определяет широтные закономерности формирования гидросети, режима речного стока, строения речных долин и состава их осадков («Гидроэнергетические ресурсы Белоруссии», 1957; А. Ф. Печуров, 1951; «Геохимические провинции...», 1969 и др.).

### **Характеристика аллювиальных комплексов осадков и фаций**

В настоящее время достаточно детально охарактеризованы голоценовые осадки рек бассейна Днепра (В. А. Кузнецов, 1964—1971; В. М. Мотуз, 1969—1970; И. С. Лупинович, П. И. Щитников, 1955), а также строение и состав надпойменных террас (Х. А. Арсланов и др., 1971; М. М. Цапенко, Е. П. Мандер, 1968; Л. Н. Вознячук и др., 1971). Несмотря на работы, в которых описывается аллювий средне- и нижнечетвертичного возраста (К. И. Лукашев, Л. Н. Вознячук, 1968; А. И. Коптев, 1961; Л. Т. Пузанов, В. Г. Лободенко, 1967; Н. А. Махнач, 1971; М. М. Цапенко, Н. А. Махнач, 1959 и др.), в целом строение аллювиальных толщ, их фациальные и литологические особенности оставались малоизученными. Значительный успех был достигнут в последние годы экспедициями Лаборатории геохимических проблем АН БССР (1967—1970 гг.), когда удалось выявить, стратиграфически датировать, дать литолого-фациальную характеристику ряду разрезов аллювия, в том числе впервые выявленных на поверхности, которым

придается стратотипическое значение. Материалы по ним опубликованы с разной степенью детальности в совместных работах автора с Н. А. Махнач, Е. П. Мандер, В. М. Мотузом, Э. А. Крутоус (1969—1971), а также в монографии Г. И. Горьцкого (1970).

Приведем краткую характеристику основных опорных разрезов аллювиальных осадков, которые в последующих главах детально освещаются с литогеохимических позиций.

**Палеоген-неогеновые аллювиальные отложения.** Аллювиальные комплексы данного возраста на рассматриваемой территории связаны с образованиями полтавской серии миоцено-плиоцена и верхнего олигоцена.

Полтавская серия в пределах Припятской впадины, Поднепровья С. С. Маныкиным (1959) подразделяется на две части: нижнюю — песчаную и верхнюю — пестроцветно-глинистую. Формирование нижней части связывается с неглубокими старичными и озерными водоемами погребенных речных долин, где накапливались гумусированные пески и органический материал, позднее метаморфизованный до бурых углей. Пестроцветные глины отлагались в мелких пресноводных бассейнах озерно-старичного и озерного типа, т. е. образование полтавской серии шло в континентальных условиях. Близких взглядов на характер отложений полтавской серии в Днепровско-Донецкой впадине придерживается Д. П. Назаренко (1968). Им выделяется 5 аллювиальных и озерных свит, относимых к неогену, в пределах которых отмечаются осадки русловой, пойменно-паводковой, плесовой и озерно-старичной фаций.

Аллювиальные и озерно-аллювиальные неогеновые глины отмечаются в соседних районах Польши и относятся к так называемым познаньским пестроцветным илам и глинам, выше которых залегают аллювиальная пачка предледниковых отложений (S. Z. Rożycki, 1961 б).

В. А. Ворона (1967) указывает, что залегающие на алевритах харьковского яруса осадки имеют озерно-аллювиальное происхождение и отличаются от типичных отложений полтавской серии, характеризуя более поздние этапы развития территории. В то же время, по ее мнению, они разнятся и от нижнеантропогенных отложений, описанных М. М. Цапенко и Н. А. Махнач (1959).

О. В. Крашенинникова, И. Е. Слензак (1951) выделяют среди полтавской серии 3 группы осадков — дельт, болотных водоемов и мелководных озер.

Таким образом, в трактовке генезиса и фациальных сред литогенеза, в том числе аллювиального, нет единого взгляда; отсутствуют наблюдения разрезов переходных от морских к континентальным образованиям, на которых можно было бы

проследить развитие речной сети бассейна Пра-Днепра в палеоген-неогеновое время.

Нами детально изучался опорный разрез аллювия данного времени в обрыве Днепра близ д. Страдубка Речицкого района, который имеет следующее строение, м:

0,0—0,20	pdQ <sub>4</sub>	почвенно-растительный слой, песок.
0,20—2,20	1—al <sup>st</sup> N <sub>2</sub> <sup>ps</sup>	глина пестроцветная (белая, серая, красная, малиновая, коричневая, бурая, желтая), плотная, жирная, комковатой текстуры.
2,20—3,00		переслаивание прослоев песка (мощностью 0,1—8 см) и глин (0,5—7 см). Песок желтый, серовато-желтый, охристый, белый, мелкозернистый; глина светло-серая, желтая, жирная, плотная.
3,00—3,20		глина пестроцветная, как и в интервале 0,20—2,20 м, сильно ожелезненная.
3,20—3,70	1,al <sup>pl</sup> (Pg <sub>3</sub> —N <sub>1</sub> ) <sup>pl</sup> t	песок серовато-желтый, в верхней части серый, разнозернистый (преимущественно крупный с гравийными зернами), кварцевый. В основании прослой темно-серой глины мощностью до 2 см. Характерна неясно выраженная волнистая в подошве и горизонтальная в кровле слоистость.
3,70—4,00	1,al <sup>pl</sup> (Pg <sub>3</sub> —N <sub>1</sub> ) <sup>pl</sup> t	песок желтый разнозернистый (преимущественно крупный), в верхней части белый, среднезернистый. Характерна диагональная и косяя слоистость.
4,00—4,40		песок светло-серый, в основании желтый, грубозернистый с гравийными зернами, кварцевый. В верхней части интервала пески более алевритистые, ожелезненные, горизонтально-слоистые; в нижней диагонально-косослоистые.
4,40—4,90		песок серовато-желтый и светло-серый, средне- и крупнозернистый, местами гравелистый, кварцевый с редкими угловатыми обломками кремней, слабо сцементированный. Характерно чередование косой и горизонтальной слоистости. У верхнего контакта отмечаются чечевицеобразные линзы (мощностью 8—10 и длиной 15—50 см) косослоистых крупнозернистых песков.
4,90—5,04	1,al(Pg <sub>3</sub> —N <sub>1</sub> ) <sup>pl</sup> t	песок ярко-желтый, мелкий, кварцевый, горизонтально-слоистый, слабо сцементированный глинистым веществом и гидроокислами железа. В кровле линзами (мощностью 5—10 мм) отмечаются светло-серые пластичные глины.
5,04—5,05		глина ярко-желтая с буроватым оттенком, охристая, тонкослоистая, пластичная, комковатая.
5,05—5,25		алеврит желтый, слоистый.
5,25—6,15		глина, аналогичная интервалу 5,04—5,05 м.
6,15—10,25		песок желтый охристый, местами серый, мелкозернистый, кварцевый, горизонтально-слоистый.
10,25—11,55	Δ-al Pg <sub>3</sub>	песок светло-серый с зеленоватым оттенком, мелкий, алевритистый, кварцевый, с примесью глауконита.

11,55—15,75  
 $\Delta\text{-alPg}_3$

глина темно-серая, черная с зеленоватым оттенком, жирная, пластичная, плотная горизонтально-слоистая, с линзами (мощностью 3—20 см и длиной до 1 м) глауконит-кварцевых песков. Отмечаются обломки обуглившейся древесины (длиной до 0,5 м).

15,75—16,05  
 $\text{rPmPg}_3^{\text{hr}}$

песок серый с зеленоватым оттенком, разнозернистый, преимущественно крупный, глауконит-кварцевый, прибрежно-морской.

16,05—20,00  
 $\text{mPg}_3^{\text{hr}}$

песок серовато-зеленый, мелкозернистый, алевритистый, глауконит-кварцевый, однородный, морской.

В нашей интерпретации разрез представлен осадками аллювия, низы которого имеют дельтовый подводно-морской (интервал 15,75—10,25 м), верхи — континентальный (10,25—4,90) характер. Выше по разрезу они переходят в типичные русловые осадки (4,90—3,20), сменяемые озерно-аллювиальными, старичными образованиями (3,20—0,0 м).

В трактовке П. И. Дорофеева и С. С. Маныкина (1969) в данном обнажении выше песков харьковской свиты с резким перерывом залегают континентальные отложения, при этом черные гумусированные глины датируются как олигоценые. «...Одинаково возможны и ранние стадии олигоцена вскоре после ухода харьковского моря и поздний олигоцен» (там же, стр. 465). Для уточнения возраста и палеогеографической обстановки формирования аллювия были поставлены геохимические исследования, изложенные в главе II, выявившие дельтовый характер осадков интервала 10,25—15,75 м и подтвердившие их олигоценый возраст.

Аллювиальные, дельтовые отложения выделены также в обнажениях обрывов Днепра у дд. Крулейки, Переделки. Их строение детально описано в работе Е. П. Мандер, В. А. Кузнецова и др. (1970).

Открытие дельтовых отложений в данной части Поднепровья дает возможность: 1) рассматривать их как наиболее древние речные осадки погребенной долины Пра-Днепра, 2) заложение пра-днепровской речной сети относить к олигоцену, 3) проследить переход аллювия дельтового типа к типично долинному.

**Нижнечетвертичные аллювиальные отложения.** Предледниковые, брестского возраста речные осадки в прошлом, видимо, были широко распространены, однако значительно уничтожены неоднократно наступавшими ледниками. В Полесье они встречены в скважинах близ д. Деревиче Калинковичского района, где представлены темно-бурыми суглинками; в районе Старобина — песками, супесями, глинами и мергелями, обогащенными органическим веществом (А. И. Коптев, 1961) и т. д. По данным Г. И. Горецкого (1970), нижнечетвер-

тичные озерно-аллювиальные осадки отмечаются в долине Пра-Береины в березинско-кодлубещенском поперечнике, в Лахвинской долине ледникового выпаживания. На территории Польши предледниковые речные осадки, залегающие на познаньских глинах, встречены в погребенных долинах; в пределах Люблинской возвышенности описываются аллювиальные лессы щецинского гляциала (S. Z. Rożycki, 1961 б и др.).

Налибокский аллювий отмечается более широко рядом исследователей. В частности, он выделяется К. И. Лукашевым и Л. Н. Вознячуком (1968) в районе Старобина, дд. Верхнее Березино, Рудня и др. Исследователи указывают, что «в отдельных местах беловежские (сопоставляемые с налибокскими.— В. К.) гумусированные пески и супеси, песчаные торфы, гиттии, известковистые суглинки и мергели представляют линзы старичных образований, подчиненных древнейшей антропогенной аллювиальной свите, которая участвует в строении погребенной варяжско-березинской террасы раннечетвертичных рек Белоруссии». Мощность аллювия оценивается в 15—20 м. Н. А. Махнач (1961) описывает речные осадки этого возраста на глубине 107—111 м близ д. Стайки Оршанского района, где они представлены мелкозернистыми песками и супесью с прослоями гравия.

Аллювиальные отложения данного возраста описываются как венедские Г. И. Горецким (1970). По условиям образования они подразделяются на гляциоаллювиальные, озерно-аллювиальные, озерно-старичные и собственно аллювиальные.

Гляциоаллювиальные отложения, представленные грубыми песками, галечниками разной мощности, часто приуроченными к основанию погребенных ложбин ледникового выпаживания, вскрыты скважиной в районе Могилева (Могилевский желоб размыва); д. Стрешин, г. п. Стрешин и д. Денисковичи (Стрешинская и Денисковичская ложбины ледникового выпаживания); дд. Унорица, Ховкла (две ложбины ледникового выпаживания), близ Речицы (Ведричская ложбина) и т. д.

Озерно-аллювиальные осадки, сложенные тонкими гумусированными песками и супесями, отмечены в долине Днепра в скважинах Жлобинского поперечника; в долине Березины — Муравинского поперечника, где они по простиранию переходят в озерно-ледниковые отложения, перекрывая гляциоаллювиальные пески этого же возраста. Предположительно сюда могут быть отнесены пески в скважине близ г. п. Дубровны (М. М. Цапенко, Е. П. Мандер, 1968) и т. д.

Аллювиальные осадки вскрыты в скважинах Рогачевского поперечника на глубинах 20—40 м. Представлены они мелкими и средними песками русловой фации мощностью 24 м и крупными песками с галькой базальной фации мощностью 3,5 м. У д. Шихов в Шиховской ложбине ледникового выпаживания

вания, совпадающей с долиной венедского Пра-Днепра, аллювиальные осадки сложены песками фации русла и гравием базального горизонта общей мощностью около 14 м; близ дд. Толстики и Сведское — отложениями русловой и старичной фаций мощностью 35,6 м и слагают венедскую свиту аллювия Пра-Бережины и Пра-Днепра.

Отмечаются венедские отложения Пра-Припяти у д. Шестовичи. Представлены они гляциоаллювием; близ г. Наровли и д. Довляды — крупнозернистыми песками русловой фации, а отложения Пра-Словечны у д. Юровичи сложены крупно- и среднезернистыми песками. Особенностью древнего аллювия Полесья по сравнению с голоценовым является преимущественное развитие осадков русловых фаций, большая крупность обломков в базальных горизонтах, слабое распространение старичных фаций и наличие узких глубоких речных долин.

Полевые исследования 1968—1969 гг. в нижнем Поднепровье позволили автору выявить ряд выходов аллювия в обрывах Днепра близ дд. Дворец, Холмечь, Крупейки, Щитцы и Переделки Речицкого района, отнесенных к брестскому и налибокскому времени. Возрастная принадлежность обосновывается данными изучения геологического положения, литологических признаков и химического состава осадков.

В 0,5 км южнее д. Дворец обнажается комплекс отложений, представленных горизонтами березинской и днепровской морен, разделенных озерными супесями холмечской свиты. Ниже, на глубине 8,4—20 м, залегает аллювиальная, озерно-аллювиальная толща. Для нее характерно двучленное строение. Нижняя и верхняя части толщи разделены горизонтом глинистых окатышей, имеющих маркирующий характер для данного района. В нижней части выделяется три аллювиальные пачки: I — глинистая, старичная (глубина 20,00—18,05 м), II — песчаная, русловая и пойменная (18,05—17,25), III — супесчаная, старичная (17,25—16,75); в верхней — две аллювиальные пачки: IV и V — супеси и пески озерно-аллювиального облика (16,75—11,75 и 11,75—8,45 м).

В целом пачки характеризуются уменьшением размерности зерен вверх по разрезу, сменой осадков русловой фации на пойменную и старичную фации, наличием базальных горизонтов в основании. Осадки старичной фации на глубинах 16,75—17,25 и 19,04—20,00 мм, представленные гумусированными глинами, имеют также маркирующее значение. Интересно, что осадки нижнего маркирующего старичного горизонта сложены глиной с 26 тонкими прослоями серого мелкозернистого песка. Встречаются обломки дуба размером до 20×30 см и примазки торфа. Особенностью глин являются редкие карбонатные стяжения и столбчатая отдельность (раз-

мером 6×7 и высотой до 20 см). Мощность глин около 1 м. Выше старичные глины переходят в затонные осадки, представленные переслаиванием 17 прослоев темно-серых и черных супесей (1,0—1,5 см мощности) с прослоями серого мелкозернистого кварцевого песка.

Возраст I—III пачек мы рассматриваем как предледниковый брестский. По спорово-пыльцевым данным, осадки нижнего старичного горизонта — нижнеантропогеновые (Н. А. Махнач, С. С. Маныкин, Е. П. Мандер, 1970) или верхнеплиоценовые (П. И. Дорофеев, Ф. Ю. Величкевич, 1971).

О предледниковом возрасте осадков, на наш взгляд, свидетельствуют: 1) существенно кварцевый состав песков, отсутствие полевых шпатов и обломков гранита, 2) полигональная отдельность гумусированных глин, 3) остатки дуба, 4) диагенетические карбонаты. В то же время глины не являются пестроцветными, что характерно для плиоцена. Спорность возраста данной части разреза д. Дворец, имеющей важное стратиграфическое значение для понимания палеогеографического развития Пра-Днепра, обусловила постановку специальных геохимических исследований (о них сказано в следующей главе).

Для пачек IV и V, относимых к налибокскому времени, типичен переход к осадкам, отлагавшимся в перигляциальный период, связанный с наступлением березинского ледника. Осадки белорусской морены здесь отсутствуют. Характерно наличие размыва на границе нижней и верхней частей толщи.

В пачках I—III преобладают бурые, черные и коричневые тона, IV—V — светло-серые с зеленоватым оттенком, что также свидетельствует о различных климатических условиях.

Вверх по разрезу от I к III и от IV к V пачкам отмечается в целом закономерное уменьшение размерности зерен, отражающее тенденцию к уменьшению гидродинамической силы потока, видимо, связанной с наступлением похолодания.

Сходный циклический характер строения нижнеантропогеновой аллювиальной толщи отмечается для территории Польши З. С. Ружицким (S. Z. Różucki, 1961).

В 2 км юго-восточнее д. Крупейки в овраге под лоевскими озерными осадками на глубине 5,30—7,60 м вскрыта аллювиальная свита, представленная озерно-старичными тонкими и мелкими песками налибокского времени (глубина 5,30—6,52 м), ниже которых залегают старичные супеси, русловые среднезернистые пески и крупнозернистые пески с катунами неогеновых глин базального горизонта, относимые к брестскому предледниковью (6,52—7,60 м). Ниже залегают дельтово-аллювиальные пески и глины олигоцена.

На правом берегу Днепра в 0,8 км юго-восточнее д. Щитцы под днепровской моренной супесью на глубине 4,50—11,34 м

вскрыта аллювиальная свита, сложенная тремя пачками. Каждая из них представлена чередованием прослоев мелких песков и супесей серого и зеленовато-серого цвета. Пески кварцевые с отдельными зернами полевого шпата и темно-цветных минералов. В основании пачек отмечаются горизонты средне- и крупнозернистых песков. В пределах пачек зернистость уменьшается вверх по разрезу, а косая слоистость сменяется горизонтальной. На глубине 10 м встречены тонкие прослои гумусированных песков старичного характера, ниже которых идут крупнозернистые пески русловой фации и базального горизонта. Аллювиальная толща залегает на неогеновых глинах, вниз по разрезу сменяемых палеогеновыми глауконит-кварцевыми песками.

Своеобразен разрез нижнечетвертичного аллювия в обрыве Днепра у д. Переделки. Подробное описание разреза дано в работе Е. П. Мандер, В. А. Кузнецова, В. К. Лукашева, В. Ф. Винокурова (1970). В основании разреза на глубине 24,6—14,60 м обнажаются глауконит-кварцевые пески киевской и харьковской свит, перекрываемые несогласно гумусированными глинами с прослоями и линзами песка полтавской серии. На эти породы, слагающие склон древней нижнеантропогеновой долины Пра-Днепра, с размывом ложится аллювиальная свита (14,60—11,40 м). Она сложена базальными крупными песками с галькой гранита и окатышами неогеновых глин, выше сменяемых чередованием прослоев мелкозернистых кварц-полевошпатовых песков с косой и горизонтальной слоистостью. Вверх по разрезу пески переслаиваются с супесью.

Выше (11,20—0,0 м) залегают супеси березинского и днепровского ледников и флювиогляциальные пески, разделенные озерными, озерно-аллювиальными супесями и суглинками Лоевского и Холмечского озерных водоемов, имевших временами четко выраженный проточный характер.

Взаимоотношение разрезов нижнечетвертичного аллювия дд. Дворец, Холмечь, Щигцы пока до конца не раскрыто. Однако бесспорно наличие в основании толщи речных осадков, соответствующих теплomu климату предледниковья и формировавшихся в русловых и старичных условиях с накоплением органического вещества. Верхняя часть толщи формировалась при перигляциальных условиях.

Пространственная близость к району дельтовых, озерно-аллювиальных и аллювиальных олигоцен-неогеновых осадков д. Страдукба, приуроченность данных разрезов к тальвегу доледниковой долины (отмечаемой Л. Т. Пузановым и В. Г. Лободенко, 1967) свидетельствуют о преемственности развития долины Пра-Днепра от олигоцена до нижнечетвертичного времени включительно.

При наступании березинского ледника древняя речная долина была ложбиной стока талых вод, в которой происходили размыв речных осадков и накопление ледниковых, водно-ледниковых и гляциоаллювиальных отложений.

В северной части долины Днепра также обнаружены новые разрезы нижнечетвертичного аллювия. Например, в районе дд. М. Александрия и Копысь в скв. 13 на глубине 175,0—201,6 м вскрыты аллювиальные тонкозернистые пески с гравийно-галечным материалом в основании, залегающие под березинской мореной. Спецификой аллювия здесь является: 1) приуроченность к переуглубленным долинам ледникового выпахивания и размыва, 2) развитие гляциоаллювия и озерно-аллювиальных осадков налибокского времени, 3) полное уничтожение белорусским и березинским ледниками предледниковых речных отложений. Их характеристика приводится в работе Г. И. Горецкого (1970).

**Среднечетвертичные аллювиальные отложения.** Отложения александрийского аллювия широко распространены в пределах бассейна Днепра и прилегающих районов Белоруссии и Польши.

К. И. Лукашев и Л. Н. Вознячук (1968) описывают их на территории бассейна в скважинах у дд. Черноручье, Осиповичи, Грабенка, Дуравичи, Высокое, у г. Борисова, Черикова и Березино и др. Среди них они выделяют русловые пески с гравийно-галечным базальным горизонтом, пойменные иловатые суглинки, старичные торфяники и гиттии. По мнению исследователей, эти осадки (общей мощностью до 25 м) слагают погребенную березинско-днепровскую террасу, выходящую на поверхность у дд. Бовшево, Обидовичи на Днестре и в ряде мест по Березине и Сожу.

Г. И. Горецкий (1970) выделяет нижне- и верхнекривичские аллювиальные свиты, сопоставляемые с александрийским возрастом, в долине Днепра в скважинах у д. М. Александрия, г. Могилева, с. Задрутье, г. Жлобина, дд. Новый Свет, Ветхино, гг. Речицы и Лоева; в долине Березины — у дд. Муравы, Поляно, Кричино; в Припятском Полесье — близ дд. Кончицы, Шестовичи, г. п. Старобина, дд. Юровичи, Довляды, г. Наровли; в бассейне Сожа — по рабовичскому поперечнику. Для аллювиальных свит данного возраста, слагающих долины Пра-Днепра, Пра-Припяти, Пра-Словечны, Пра-Березины и других рек, характерны четко выраженные осадки русловой и старичной фаций, наличие базальных горизонтов и широко развитых карбонатных отложений.

К отложениям данного межледниковья могут быть отнесены речные и озерно-речные разнозернистые пески с органическими остатками близ д. Изин на глубине 15—26 м, мелкозернистые пески с галькой у хутора Замостье на глубинах 2—

16 м; супеси и тонкие пески близ д. Таволга на глубине 20—29 м; гумусированные пески и глины, видимо, старичной и пойменной фаций у д. Валута на глубине 20—32 м и др., описанные М. М. Цапенко и Н. А. Махнач (1959).

По данным спорово-пыльцевого анализа, с ними связаны аллювиальные и озерные отложения правобережья Днепра, вскрытые на глубинах 36—47 м близ д. Лебедевка Жлобинского района (Н. А. Махнач, 1961).

Л. Т. Пузанов и В. Г. Лободенко (1967) в восточной Белоруссии отмечают озерно-болотные осадки, приуроченные к узким погребенным долинам, с закономерной сменой с глубиной гиттий и мергелей на супесь и пески (д. Польшковичи Могилевской обл. и др.). По положению в разрезе и спорово-пыльцевым характеристикам отложения относятся к началу ляхвинского межледниковья и сопоставляются с разрезами дд. Копысь, Вилы, Паперня, Боровляны. Возможно отнесение указанного комплекса к старичным накоплениям.

Речные осадки данного возраста (мазовецкого интергляциала) на территории Польши охарактеризованы З. С. Ружицким (S. Z. Rożycki, 1961), выделяющим инстративный и перстративный аллювий, сформировавший толщу из 4 циклотем с базальными горизонтами в основании и старичными отложениями в кровле каждой циклотемы; Б. Гронковской и Ю. Э. Мойским (1967), описывающими осадки русловой, пойменной и старичной фаций.

Наибольший интерес представляют разрезы аллювия данного возраста, выходящие на поверхность у дд. Малая Александрия (Оршанский район) и Бронное (Речицкий район), которые являются опорными для Белорусского Поднепровья.

Близ д. Малая Александрия в Матвеевом Рву аллювиальная толща представлена осадками старичного водоема, сложенного несколькими горизонтами супесей, гиттий и песков. Аллювиальная свита формировалась в 4 стадии, соответствующие пачкам в интервалах 6,90—6,21; 6,21—5,68; 5,68—0,5 и выше 0,5 м. Для каждой стадии характерно накопление осадков русловой фации с базальным горизонтом, сменяемых вверх по разрезу пойменными или старичными отложениями. В 3-й стадии осадки фации затона переходят в типичные старичные образования, при этом развитие водоема носило циклический характер. Выделяется 5 циклов (4,56—2,74; 2,74—1,29; 1,29—1,07; 1,07—0,61 и 0,61—0,5). Каждый из них соответствует старице, которая имела вначале минеральное питание (супесь), а позднее стала зарастать и заболачиваться с накоплением биогенных отложений (гиттия).

Подробно развитие водоема охарактеризовано в работе Н. А. Махнач, В. А. Кузнецова, Е. П. Мандер (1970). Новым в понимании данного разреза является доказанность аллю-

виального генезиса осадков, а не озерного и александрийского возраста отложений, а не рисс-вюрмского, как это принималось Г. Ф. Мирчинком.

Своеобразно строение аллювиальной свиты, вскрытой в обрыве Днепра на восточной окраине д. Бронное (обн. 7455). Она залегает на глубине 0,8—11,28 м между днепровской моренной супесью и ленточными глинами времен отступления березинского ледника. Свита представлена восемью пачками: I (глубина 11,28—10,50 м), II (10,50—9,80) и III (9,80—7,70), имеющими озерно-аллювиальный генезис; IV (7,70—6,93), V (6,93—6,17), VI (6,17—4,15) и VII (4,15—2,50) — аллювиальные нормального типа, VIII (2,50—0,8) — сложенная перигляциальным аллювием. Каждая пачка содержит несколько горизонтов песков и супесей, обычно с увеличением размерности частиц вниз по разрезу и с базальным горизонтом разнозернистых песков и гальки в основании. В пределах II—VI пачек отмечаются пески, представляющие осадки прибрежной фации с заилением и отмучиванием материала. Особенностью разреза является постепенная смена гидродинамического режима водного потока, переход от озерно-ледниковых времен отступления березинского ледника к озерно-аллювиальным и нормально-аллювиальным осадкам и далее к перигляциальным отложениям в связи с наступанием днепровского ледника. Детальная характеристика разреза приведена в работе Е. П. Мандер, В. А. Кузнецова (1971).

Рассматриваемое обнажение Г. И. Горецким (1970) трактуется как днепровские внутриморенные образования. На наш взгляд, наличие циклического строения толщи и характер перехода пачек позволяют относить осадки к межледниковым, что подтвердилось специальными геохимическими исследованиями, описанными ниже.

Озерно-аллювиальные, аллювиальные глинистые и песчаные отложения конца александрийского межледниковья отмечаются также в овраге у д. Смётанка, в обрыве Днепра близ д. Бурое Оршанского района в виде отторженца аллювиальных песков, залегающего в днепровской морене, и в других местах.

Шкловский аллювий. В долине Днепра аллювиальные отложения данного возраста встречены близ д. Пашино Оршанского района, где они представлены мощной (10—13 м) песчано-гравийно-галечной толщей; в скважинах могилевского поперечника, сложенных озерно-аллювиальными песками мощностью 15—25 м, с нечетко выраженными базальными горизонтами крупного песка и гравия; у д. Красная Дуброва, где озерно-старичные и озерно-аллювиальные пески мощностью до 70 м слагают погребенную Красно-Дубровскую ложбину.

В долине Березины аллювиальные отложения отмечены близ д. Черневка на глубине 10—60 м, слагая погребенную одинцовскую долину ледникового выпахивания, выполненную крупнозернистыми песками и галечником гляциоаллювия, выше переходящими в тонкие озерно-аллювиальные пески; у дд. Углы и Стасевка на глубине 10—22 м они представлены аллювиальными тонко- и мелкозернистыми песками русловой фации и грубыми песками с галькой и валунами базального горизонта, залегающими на озерно-болотных и озерно-аллювиальных отложениях этого же возраста, мощностью до 20 м; у дд. Шнитки, Б. Ольшанка, Березино они представлены мелко- и тонкозернистыми гумусированными с растительными остатками песками, алевритами и сапропелитами, торфом, сформированными в русловых, пойменных и старичных условиях.

В Полесье отложения данного возраста встречены в скважинах, вскрывших Брянчицкую ложбину ледникового выпахивания с осадками перигляциально-аллювиального и озерно-аллювиального типов, и в Погостинской ложбине с песками озерного водоема, имевшего признаки проточности.

Нами детально изучались аллювиальные отложения этого возраста, выходящие на поверхность у Шклова, на правой стороне Нижнинского Рва в 200 м выше его устья. Аллювий здесь представлен двумя свитами: осадками перигляциального типа, связанными со временем наступания сожского ледника, и типичными старичными отложениями теплого периода шкловского межледниковья. Подробное описание обнажения дано в работе Н. А. Махнач, В. А. Кузнецова, Е. П. Мандер (1970). Новым в интерпретации данного разреза, имеющего ключевое значение для понимания развития Пра-Днепра в среднечетвертичное время, явилось: а) определение шкловского (рославльского) возраста торфяных, торфяно-иловых осадков, а не голоценового, муравинского, александрийского или налибокского, как предполагалось ранее; б) установление аллювиального (старичного), а не болотного генезиса низов разреза, связанных с максимумом потепления в межледниковье; в) прослеживание вверх по разрезу перехода от нормально-аллювиальных осадков к гляциоаллювиальным отложениям, формировавшимся в период наступления сожского оледенения.

К осадкам озера с признаками речной проточности данного возраста может быть отнесено обнажение близ д. Береговая Слобода Речицкого района.

Специфические отложения, имеющие характер болотных и заболоченных пойменных образований, обнаружены в карьере д. Соловьев Хутор, в овраге близ д. Дворец и у кладбища д. Бронное. Наиболее типичным является разрез д. Бронное Речицкого района (обн. 71), представленный флювиогляциаль-

ными песками сожского времени (0,20—1,54 м), перекрывающимися перигляциальные аллювиальные пески сожского времени (1,54—1,67) и озерно-аллювиальные серо-зеленые, темно-серые глины, гумусированные супеси и пески шкловского межледниковья (1,67—3,52 м). В местах, где речные осадки залегают на днепровской морене, она обычно осветлена и имеет серую, зеленовато-серую окраску, что связано с восстановительными условиями, создавшимися болотно-старичными отложениями или инфильтрирующимися через них водами.

Таким образом, речные отложения среднечетвертичного возраста представлены нормальным и перигляциальным аллювием; прослеживаются постепенные переходы аллювиальных комплексов указанных типов в толщах, не имеющих существенных биогенных аккумуляций; литологически осадки представлены разнообразными породами, из которых специфическими для данного возраста являются мергели и метаморфизованные органогенные отложения — гиттия.

**Верхнечетвертичные аллювиальные отложения.** Сведения о муравинском аллювии имеются в работах М. М. Цапенко, Н. А. Махнач (1959—1966), Л. Н. Вознячука (1961, 1971), В. М. Мотуза и Н. А. Махнач (1969) и др.

К аллювиальным отложениям муравинского возраста принадлежат осадки, вскрытые скважинами близ дд. Гребнево, Вишин, Мадоры, г. Рогачева в долине Днепра; д. Макаричи на Припяти; дд. Дричин и Поречье на Птичи; д. Литвиновичи в долине Сожа и т. д. Они представлены русловыми песками, пойменными иловатыми суглинками и супесями и старичными торфами, мергелями, глинами, суглинками, супесями и гумусированными песками общей мощностью 15—20 м. Среди отложений, выходящих на поверхность в бассейне Днепра, описаны разрезы г. Лоева, дд. Муравы, Бродец, Лесковичи, приуроченные ко II надпойменной террасе, и дд. Гребнево, Польшь, Поречье — к I надпойменной террасе.

Разрезы муравинских речных отложений по геоморфологическим условиям залегания и положению в четвертичной толще подразделяются на следующие типы (по Л. Н. Вознячуку, 1961): 1) залегающие в цоколе верхнечетвертичных надпойменных террас (разрез д. Муравы), 2) в цоколе боровой террасы (д. Дричин) и 3) под современными аллювиальными песками (д. Падер). Русловые и пойменные осадки муравинского возраста (земский интергляциал) описываются для Польши Б. Гронковской и Ю. Э. Мойским (1967).

Приведем краткую характеристику новых разрезов аллювиальных отложений, выходящих на поверхность в долине Днепра и Припяти. В 1 км юго-восточнее д. Борхов Речицкого района, на берегу Днепра в устье рва, на отложениях морен днепровского и сожского возраста на глубине 1,00—7,40 м

залегают старичные осадки, представленные супесями и гумусированными глинами с тремя горизонтами торфа (мощностью 0,07—1,4 м), перекрытые аллювиальными песками I надпойменной террасы. Формирование осадков происходило в условиях старицы, временами имевшей проточный характер. Детальное описание торфяника и его возрастная карпологическая характеристика приведены в работе Э. А. Крутоус, В. А. Кузнецова, Е. П. Мандер (1970). Наши возрастные определения согласуются со спорово-пыльцевыми данными В. М. Мотуза и Н. А. Махнач (1969). Однако В. М. Мотузом отложения рассматриваются как выполнения термокарстовой котловины.

Большой интерес с точки зрения взаимоотношения аллювиальных отложений различных типов, их состава и условий формирования представляет разрез на левом берегу Днепра в 1,2 км северо-восточнее д. Грабово (Красная Горка) в районе Рогачева. Здесь под делювиальными наносами на глубине 2,17—9,80 м залегают аллювиальная толща, представленная перигляциальными речными осадками, ниже сменяемыми старичными отложениями муравинского климатического оптимума.

Муравинский аллювий представлен в нижней части типично старичными отложениями (7,46—9,62 м), лежащими на русловых песках (9,62—9,82) и перекрываемыми пойменными и делювиальными образованиями (6,90—7,46 м). Вышележащий аллювий, имеющий двучленное строение (2,17—4,75 и 4,75—6,90 м), отличается от описанного отсутствием гумусированных осадков и тонким переслаиванием песчаного и глинистого материала, т. е. имеет перигляциальный характер. Образование его, видимо, связано с наступавшей оршанской стадией последнего оледенения. Л. Н. Вознячком с соавторами (1971) осадки интервала 2,17—6,90 м рассматриваются как аллювий III надпойменной террасы Днепра.

У д. Зборов Рогачевского района в обрывах Днепра муравинские речные осадки сложены гумусированными глинами с прослоями торфяников, лежащими на озерных и озерно-ледниковых супесях сожского возраста.

Интересны разрезы муравинских аллювиальных отложений в обрывах Припяти близ д. Дорошевичи Петриковского района. Верхняя часть (глубина 5,5—7 м) аллювиальной свиты сложена речными осадками II надпойменной террасы, представленными белыми, желто-белыми мелко- и среднезернистыми песками с горизонтом галечника, ниже которого залегают мелкозернистые серые и белые пески, переходящие по простиранию в супесь. Указанные осадки имеют перигляциальный характер. Под ними на глубине 7—9 м торф мощностью 0,3—2 м коричневого и черного цвета, чешуйчатой, слабо слоистой текстуры с обилием древесных остатков в основании и

линзами кварцевого песка. Вниз по разрезу торф постепенно переходит в мелкозернистые черные и пепельно-серые сильно гумусированные пески и глины. На поверхности торфа и песков отмечаются бурые окислы железа; по данным В. К. Лукашева (1970), здесь встречены белые налеты гипса. Гумусированные пойменные пески с глубиной постепенно сменяются типично русловыми.

Палеогеографическое своеобразие разреза, на наш взгляд, заключается в том, что: 1) гумусированные пески и торф являются погребенными пойменными отложениями с признаками заболачивания и местами с реликтами вторичных пойменных водоемов; 2) образование их связано с климатическим оптимумом муравинского времени; 3) прослеживается смена осадков нормального аллювия на перигляциальные; 4) восточнее описанного разреза выше торфа в перигляциальных супесях отмечаются гумусированные прослойки, видимо, второй фазы (рутковичского?) потепления.

В первой половине верхнечетвертичного времени в период таяния оршанского ледника (максимальная стадия последнего оледенения) шло формирование аллювиальных отложений, слагающих II надпойменные террасы Днепра, Припяти и других рек. Их характеристике посвящены работы М. М. Цапенко и Н. А. Махнач (1959, 1966), М. М. Цапенко и Е. П. Мандер (1968). В. М. Мотуз (1969) оценивает среднюю мощность аллювия второй террасы в 4 м (при максимуме 12 м), отмечает широкое распространение аллювиальных лесовидных отложений в пределах Могилевской и Витебской областей. В восточной Польше изучены верхнечетвертичные аллювиальные лессы, переходящие в кровле в погребенные паудорфские почвы (Ю. Э. Мойский, 1967).

Хотя исследование речных отложений террас бассейна Днепра проводится давно, общие закономерности формирования осадков с точки зрения литолого-фациальных особенностей оставались мало освещенными. Нами (В. А. Кузнецов, Е. П. Мандер, 1970) изучались аллювиальные отложения II надпойменной террасы в долине р. Марьянки — притока Днепра. Выделено 3 типа разрезов перигляциального аллювия — галечно-песчаный, песчаный и алевроито-песчаный, формировавшиеся за счет размыва и переотложения соответственно местных моренных песчано-галечных отложений, флювиогляциальных и озерных песков и привноса песчаного и алевроитового материала от тающего на севере ледника. Характерно во всех типах разрезов наличие 4 пачек (циклотем), в пределах которых отмечается уменьшение зернистости материала и смена косой на горизонтальную слоистость вверх по разрезу, а также базальные горизонты в основании. Мощность циклотем колеблется от 0,8 до 3,5 м. Комплексы осадков этих типов могут

быть охарактеризованы соответственно как фации размыва, половодий (разливов) и озерно-проточные.

Перигляциальный аллювий в бассейне Припяти встречен в районе Брагина, дд. Дорошевичи, Юровичи, Новоселки и других местах. В отличие от днепровского он почти не содержит галечный материал.

Таким образом, у аллювия II надпойменной террасы Днепра и Припяти в основании часто встречаются гумусированные осадки, связанные с более теплым периодом верхне-четвертичного времени, что отмечается также для аллювия других рек Русской платформы (Г. И. Горецкий, 1961; Ю. А. Лаврушин, 1963). Наличие данных осадков придает аллювиальной свите двучленное строение. Двучленность толщи и ее цикличность обусловлены изменениями режима потока и палеоклиматической обстановки. Г. И. Горецкий (1961) связывает формирование верхних суглинков и песков с перигляциальной (дельтовой, озерно-аллювиальной) обстановкой.

Своеобразно строение речных отложений II надпойменной террасы в разрезе д. Грабово (обн. 5045), м:

0,0—0,30 pdQ <sub>4</sub>	почвенно-растительный слой.
0,30—2,10 al <sup>pt</sup> Q <sub>3</sub> <sup>1</sup>	песок коричневато-серый, мелкозернистый, кварцевый.
2,10—2,30	глина зеленая, в кровле бурая, ожелезненная, жирная.
2,30—2,60 al <sup>rf</sup> Q <sub>3</sub> <sup>1</sup>	песок серый с коричневатым оттенком, разнозернистый, с преобладанием крупного, полевошпат-кварцевый.
2,60—3,40 al <sup>pr</sup> Q <sub>3</sub> <sup>1</sup>	песок серый с коричневым оттенком, мелкий, с редкими прослоями среднего, горизонтально-слоистый.
3,40—4,35 al <sup>pt-rf</sup> Q <sub>3</sub> <sup>1</sup>	переслаивание серой и зеленой супеси с белыми тонкозернистыми песками. В основании отмечаются линзы и прослон крупного песка с галькой базального горизонта.
4,35—4,75 al <sup>pr</sup> Q <sub>3</sub> <sup>1</sup>	песок светло-серый с зеленоватым оттенком, мелкозернистый, полевошпат-кварцевый, однородный.
4,75—5,00	переслаивание серых, буро-желтых супесей и песка. Преобладают более мощные (2—10 см) прослон супеси.
5,00—5,30 ps-al <sup>st</sup> Q <sub>3</sub> <sup>1</sup>	супесь серая с зеленоватым оттенком, в верхней части ожелезненная. Отмечен тонкий (1,5 см мощностью) прослой темно-коричневого торфа.
5,30—5,65 al <sup>rf-pt</sup> Q <sub>3</sub> <sup>1</sup>	песок серый, полевошпат-кварцевый, крупнозернистый с галькой.
5,65—6,60 al <sup>pt</sup> Q <sub>3</sub> <sup>1</sup>	песок светло-серый с желтоватым оттенком, среднезернистый, кварцевый, однородный.
6,60—6,95	песок серый, мелкий, со слоистостью волнения.

6,95—7,10 al <sup>pf</sup> Q <sub>3</sub> <sup>1</sup>	супесь темно-серая, песчанистая, в кровле бурая.
7,10—7,40	песок серый, мелкозернистый, горизонтально-слоистый.
7,40—7,80 al <sup>pl</sup> Q <sub>3</sub> <sup>1</sup>	переслаивание зеленовато-серой супеси (мощностью 0,5—1,5 см) и белого тонкого песка (0,5—2,5 см) с горизонтальной и волнистой слоистостью.
7,80—7,95 al <sup>rf</sup> Q <sub>3</sub> <sup>1</sup>	песок белый и серый, разнозернистый (преимущественно крупный) с галькой.

Охарактеризованный аллювий с размывом ложится на толщу перигляциального аллювия начала верхнечетвертичного времени. Формирование речных осадков происходило в условиях ритмичного изменения гидродинамического режима реки (пачки 0,30—2,60; 2,60—4,35; 4,35—5,65 и 5,65—7,95 м).

Х. А. Арслановым, Л. Н. Вознячуком и др. (1971) в указанном разрезе были вскрыты более мощные отложения старичной фации на глубине 5,0—5,7 м, представленные торфом, гиттией и алевритом. Их абсолютный возраст 38,5—45,0 тыс. лет. Формирование террасы относится к средневалдайскому интерстадиалу, после максимума валдайского оледенения.

Таким образом, верхнечетвертичное осадкоотложение имеет следующие особенности: 1) наличие в основании толщи нормального аллювия с фациями старичными, пойменными и русловыми, отвечающими муравинскому климатическому оптимуму; 2) в верхней части разреза преобладание перигляциального аллювия, разнообразного по строению, что связано с изменениями гидродинамического режима потоков и состава размываемых пород; 3) цикличность строения перигляциальных осадков; 4) признаки органогенных накоплений в средней части разрезов II надпойменных террас, отражающие климатический оптимум во второй половине верхнечетвертичного времени.

Рутковичский аллювий. Речные осадки этого возраста приурочены к I надпойменной террасе. Занимаемая площадь составляет около 6% рассматриваемой территории. Их описание приводится в работах Г. Ф. Мирчинка (1929, 1948), М. М. Цапенко, Н. А. Махнач (1959), К. И. Лукашева, Л. Н. Вознячука (1968), В. М. Мотуза (1969), Б. Н. Гурского (1965) и др.

Мощность аллювия от 2—3 м на эрозионных и до 20 м на аккумулятивных участках террасы. Он представлен главным образом отложениями русловой фации — песками и гравийно-галечным материалом (с последними связаны месторождения гравия близ г. Орши, д. Дубровно, г. п. Копысь и др.); пойменными — тонкозернистыми гумусированными песками, супесями, суглинками и лессовидными породами; старичными — гумусированными суглинками, супесями и торфами. Общая I надпой-

менная терраса отмечается у Днепра с Сожем и Припятью в устьях этих притоков, причем имеет мощность до 18 м и сложена песками русловой фации и гравием с галечником базальной фации в основании.

Строение аллювия террасы часто характеризуется цикличностью. Например, близ д. Красный Бор под Смоленском в аллювиальной толще выделяются 5 пачек (на глубинах 0,68—1,35; 1,35—2,06; 2,06—2,46; 2,46—4,90 и 4,90—5,60 м), характеризующихся ритмичной сменой осадков русловой — старичной, русловой — пойменной фаций. В аллювии I надпойменной террасы верховьев Припяти (г. Ратно) отмечаются лессовые отложения.

**Голоценовые аллювиальные отложения.** По времени формирования и связи с современной деятельностью рек мы выделяем две группы осадков: 1) повышенной поймы, вышедшие из стадии регулярного накопления материала, и 2) связанные с действующим руслом, старицами и поверхностью поймы.

В первой группе отложений всегда находятся признаки формирования аллювия в обстановках русловой фации — стрежневой, плесов, русловых отмелей; пойменной фации — прируслового вала, приречной, центральной и тыловой поймы; старичной — собственно старичной, периферийной старицы, часто с наложением специфических условий, связанных с развитием растительности, почвообразования, ветровой и склоновой эрозии. Подробная характеристика пойм дана в работах В. А. Кузнецова (1965, 1969), В. М. Мотуза, В. А. Кузнецова, Е. П. Мандер (1970), В. М. Мотуза (1969), П. П. Рогового, И. Л. Яновича (1957), А. А. Лазаренко (1964) и др.

Во второй группе выделяются отложения стрежени, пойм и стариц. В русле реки они обычно представлены песками различного гранулометрического состава, особенности которого зависят от режима потока, характера размываемых пород и т. д. В целом это динамичная форма осадка, находящегося в различной степени перемещения. На участках снижения скорости речного потока формируются отмели и острова, где осадок временно или окончательно выходит из состояния транспортировки. Наибольшее количество песчаных островов отмечается на Днепре в районах Жлобина, Речицы и Лоева, на Припяти — у Мозыря, Петрикова и т. д. Для Днепра и особенно Припяти характерны многочисленные протоки и ответвления русла, где в период половодья формирование осадка идет в условиях русловой фации, а в межень — затона или старицы.

Осадки пойм сложены песчаным материалом меньшей размерности зерен, чем в русле. На поверхности пойм обычно широко распространены наилки гумусового или глинистого состава, песчаные наносы с тонкой горизонтальной слоистостью,

реже завалы половодья, сложенные обломками пород, остатками древесной растительности и листвой, смешанными с песком. Характер осадков на пойме зависит от рельефа, удаленности от русла и т. д. В прибрежной пойме они преимущественно песчаные (среднезернистые), слагают береговую полосу и прирусловые валы. В центральной пойме в половодье отлагается глинистый и алевритовый материал, который быстро теряет признаки осадка вследствие развития растительности и почвообразования. Тыловая пониженная часть поймы характеризуется накоплением глинистых или песчаных осадков в период половодья и биогенного материала в остальное время. Здесь широко развиты заболачивающиеся старицы.

Старичные осадки представлены в основном биогенными, илистыми и реже песчаными наносами в зависимости от размеров и стадии развития водоема, а также торфом, сапропелем с детритом моллюсков и т. д.

Отложения смешанного генезиса и фаций (аллювиально-делювиальные, аллювиально-болотные и аллювиально-эоловые и т. д.) несут черты речных фаций, частично утраченные или измененные процессами почвообразования, заболачивания, склонового сноса или ветровой деятельности.

С аллювиальными отложениями неогена и антропогена бассейна связаны месторождения полезных ископаемых. По данным В. В. Стецко (1965), запасы основных видов сырья, большинство которых приурочено к речным аккумуляциям, только на территории Полесья составляют: по стекольным пескам — 0,04 млн. т, силикатным пескам — 16,15 млн. м<sup>3</sup>, торфу — 4229, луговым мергелям — 0,60, торфовиваниту — 0,16 млн. м<sup>3</sup>.

На территории бассейна известно свыше 300 месторождений и проявлений глинистого сырья озерно-аллювиального и аллювиального генезиса. Эти полезные ископаемые широко применяются в народном хозяйстве республики. Однако возможности их комплексного использования не исчерпаны, что связано со слабым геохимическим изучением вещественного состава сырья. Огромные масштабы добычи песчаного материала для промышленного и гражданского строительства выдвигают на повестку дня изучение их месторождений с целью попутного извлечения редких и рассеянных элементов методами принудительного обогащения. Необходимо изучение микроэлементов в торфах, луговых мергелях с целью получения удобрений.

Не исключена возможность обнаружения погребенных верхнеолигоцен-неогеновых и раннечетвертичных аллювиальных россыпей редких металлов в южной части бассейна Припяти, связанной с северным обрамлением Украинского массива и Микашевичским поднятием.

## Основные закономерности образования аллювиальных свит и развития речных долин в олигоцен-антропогене

Анализ геологического строения и палеогеографии территории в третичном периоде свидетельствует о том, что в верхнем олигоцен-плиоцене широко развиты аллювиальные процессы, с которыми связаны отложения полтавской серии. Речная сеть (см. рис. 1) имела направленность преимущественно с севера на юг, причем положение речных долин палеорек — Припяти, Птичи, Березины, Днепра и других было близко к современному. Фрагменты неогеновой долины Пра-Днепра мы усматриваем в аллювиальных и озерно-аллювиальных отложениях разреза д. Страдубка, а более ранние ее осадки — в дельтовых отложениях верхнего олигоцена. Мнение о существовании долины Пра-Припяти в приледниковье и неогене разделяют Г. И. Горецкий (1970), С. С. Коржуев (1951) и др.

Перестройка рельефа в связи с подъемом территории и регрессией олигоценового моря сопровождалась в неогене углублением долин и формированием аллювиальных отложений, продолжавшимся в раннем антропогене. В начале четвертичного периода развивались отложения аллювия нормального типа с 3 группами фаций — русловые, пойменные и старичные (брестский, аллювий дд. Дворец, Шитцы). В приледниковье, видимо, речная сеть Пра-Днепра была в целом близка к современной, насколько об этом возможно судить по рельефу лжа четвертичных пород с учетом распространения ложбин ледникового размыва и выпаживания, получивших развитие при березинском и особенно днепровском оледенениях (см. Горецкий, 1970, стр. 72 и 89). Долины прарек Припяти, Сожа, Прони, Беседи, Ипути были близки к их современному положению на протяжении налибокского, александрийского и шкловского времени.

С наступлением березинского, а затем днепровского оледенений речная сеть испытывала существенные изменения: долины подвергались интенсивной экзарации. Наступавший ледник частично или полностью уничтожал предшествовавшие ему речные осадки, перекрывал или переуглублял долины, выпаживал новые ложбины, создавал гляциотектонические структуры. При отступании ледника водные потоки вели к некоторому восстановлению долин и их новому углублению за счет размыва ледниковых отложений, выполнивших погребенные долины.

Из долин ледникового выпаживания, связанных с березинским ледником, отметим Александрийскую, Староводнинскую, погребенные ложбины близ Могилева, у урочища Белое Боло-

то и другие, детально описанные Г. И. Горецким (1970). Характерными особенностями большинства из них являются: а) юго-восточная и меридиональная ориентировка, местами совпадающая с положением ложа четвертичных пород; б) наличие осадков березинской морены; в) присутствие гляциоаллювия налибокского (венедского) возраста; г) унаследованность развития долин с отложением гляциоаллювия, озерно-аллювиальных, аллювиальных осадков александрийского (лихвинского) возраста; д) проявление гляциодислокационных структур. В теплые периоды межледниковий формировались долины с аллювиальными осадками нормального типа.

Как показано выше, речные осадки налибокского времени представлены перигляциальными образованиями — гляциоаллювием (фацция размыва) и озерно-аллювиальными отложениями (фацция проточных озер). Толща аллювия имеет циклическое строение.

В теплый период александрийского межледниковья формировались речные осадки нормального типа с русловыми и старичными фациями. Особенностью осадков данного времени являлось отложение карбонатных аккумуляций, обусловленных размывом березинских моренных образований, обогащенных карбонатными обломками юрских и меловых пород; на отдельных участках господствовал размыв палеогеновых и неогеновых пород. Близким к современному было соотношение Пра-Днепра с Пра-Припятью и Пра-Брагинской. Между Пра-Днепром и Пра-Замглаем существовал водораздел. В это время реки были более многоводны и долины несколько шире, чем в налибокское.

На территории Полесья развитие аллювиальных отложений, предшествовавших днепровскому оледенению, определялось во многом приуроченностью его к неогеновой низменности. Своеобразие погребенного аллювия по сравнению с речными осадками I надпойменной террасы и современной поймы заключается в большем развитии в первом случае крупнозернистых отложений, а также незначительном распространении осадков стариц, что заставляет отказаться от представлений о значительных опусканиях данной территории на протяжении антропогена и искать иные причины ее заболачивания.

Деятельность днепровского ледника, перекрывшего всю территорию Белоруссии, была особенно сильной. Она сопровождалась уничтожением предшествовавшего аллювия, новыми выпахиваниями и углублениями, многие из которых пространственно тяготеют к ложбинам стока и выпахивания березинского ледника; развитием гляцисаллювия, положившего позднее начало шкловской речной сети, где отлагались речные осадки шкловского климатического оптимума и затем перигляциальные отложения.

Формирование излучины Днепра в районе Могилева, связанное с наличием преграды — днепровской морены, как показали исследования Г. И. Горецкого (1970), имеет унаследованный характер: лихвинский аллювий также образовывал излучину из-за нагромождений березинской (окской) морены, выполнявшей долину Пра-Днепра, в целом имевшей в александрийское и налибокское время пределы, близкие к современным.

Речные долины в их современном виде начинают развиваться с отступанием сожского оледенения, особенно в муравинское время, когда обилие ледниковых и речных вод вело к глубоким врезам.

Своеобразна картина прadolин рек бассейна Днепра в верхнечетвертичное время (рис. 2), формировавшихся в условиях перигляциальной зоны. С выносом большого количества материала водами от тающего валдайского ледника происходило формирование зандровых равнин. На их фоне выделялись долины-ложбины стока талых ледниковых и речных вод — сожская, проньская, речицкая, березинская, птичская. В период отступления вюрмского ледника (в оршанскую стадию) формируются уровни II надпойменной террасы, которые на севере бассейна совпадают с зандровыми. Особенностью развития аллювия в этот период является развитие фаций: размыва, разливов и озерно-проточных. Характерна цикличность строения аллювиальных толщ, свидетельствующая о периодических изменениях режима речных потоков, видимо, связанных с колебаниями климатических условий и гляциоизостазией.

Формирование рельефа и речной сети в Полесье в верхнем антропогене связано с развитием широких аллювиальных равнин (Б. Л. Личков, 1944). В силу развития здесь главным образом песчаных осадков и нивелированности поверхности преобладали речные и озерно-проточные условия осадконакопления. В позднечетвертичное время происходит новое усиление речной эрозии и формирование первых надпойменных террас. С дальнейшим потеплением климата в голоцене развитие речной сети сопровождается формированием нормального типа аллювия.

Таким образом, развитие аллювиальных толщ и долин на протяжении четвертичного периода на территории бассейна Днепра происходило под значительным влиянием оледенений, сказавшихся на специфике строения аллювиальных свит и их отложений, фациальных обстановках речного осадконакопления, облике долин и речной сети. Выделенные типы аллювия, сочетания их фациальных групп и осадков в целом сходны с таковыми для Сибири (Ю. А. Лаврушин, 1961), Англии (F. E. Zeuner, 1952), США (J. H. Quinn, 1957) и т. д.

Подчеркивая большую роль аллювиального литогенеза в антропогене, необходимо отметить, что это несколько меняет представления о палеогеографическом развитии и палеогеохимической обстановке территории. Рельеф речных и проточно-озерных долин являлся важной частью палеоландшафта Белорусского Поднепровья и Полесья, особенно в периоды межледниковий. В последние годы эти взгляды получают все большее подтверждение. Представления П. А. Тутковского (1925) об эоловом происхождении Полесья сменились доказательствами его водного генезиса (В. К. Лукашев, 1963; В. А.

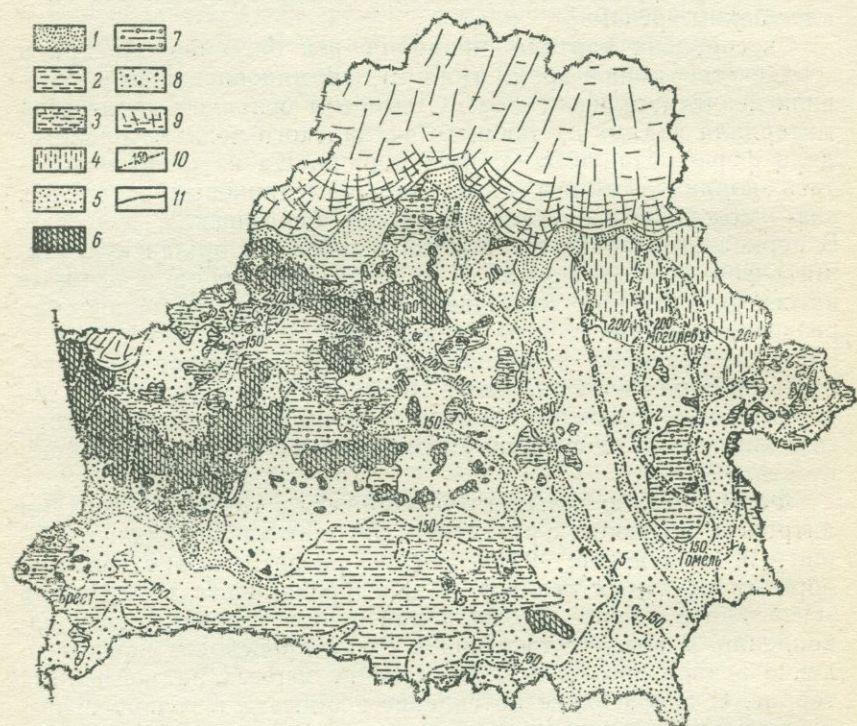


Рис. 2. Палеогеографическая карта поозерского времени территории БССР: рельеф поозерского возраста: 1 — зандровая равнина, 2 — озерно-ледниковая равнина, 3 — озерно-аллювиальная равнина, 4 — платообразная лессовая равнина, 5 — долины крупных рек и ложбины стока талых ледниковых вод; ледниково-аккумулятивный и водно-ледниковый рельеф московского возраста, переработанный в перигляциальных условиях валдайского оледенения, 6 — конечноморенный эрозионно-денудационный рельеф, 7 — вторичная моренная равнина, 8 — вторичная водно-ледниковая равнина, 9 — территория, покрытая льдом, 10 — изогипсы рельефа, 11 — границы оледенения; цифрами на карте обозначены долины-ложбины стока ледниковых и речных вод: 1 — березинская, 2 — днепровская, 3 — проньская, 4 — сожская, 5 — птичская (по данным Е. П. Мандер)

Кузнецов, 1965 б). При оценке роли водных процессов в формировании ландшафтов вскрывается большая значимость рек (К. И. Лукашев, И. А. Добровольская, В. К. Лукашев, 1966; В. А. Кузнецов, 1969б).

Подобные сдвиги в представлениях о роли аллювиальной деятельности в четвертичном периоде намечаются в работах зарубежных исследователей. В частности, на территории Польши аллювиальные комплексы обнаружены во всех частях четвертичной толщи. Х. Ружинска-Шеная (H. Rusczyńska-Szenaja, 1966) в бассейне Пилицы выделяет в приледниковые перигляциальную аллювиальную толщу двуциклического строения; в минделе — аллювиальные аккумуляции, развивавшиеся на моренных отложениях краковского оледенения; в риссе — речные и озерно-речные осадки пиликского и буго-наревского интергляциалов; в вюрме — эемского интергляциала и рисс-вюрма (II надпойменная терраса), а в голоцене — осадки I надпойменной террасы и современной речной долины. Для Нижнего Буга описаны в целом те же аллювиальные комплексы (К. Straszewska, 1968). На Малопольской и Люблинской возвышенностях Б. Гронковской и Ю. Э. Мойским (1967) обнаружены речные осадки в эоплейстоцене (две серии осадков русловой, пойменной и старичной фаций), межстадиале южнопольского оледенения (русловые и пойменные), в мазовецком (3 серии с русловым, пойменным и старичным аллювием) и эемском межледниковьях. З. С. Ружицким (S. Z. Rożyski, 1961) в Польше выделяется 17 периодов речного осадконакопления.

Подобная сложность строения и развития аллювиальных свит антропогена отмечается в областях оледенений Европы и Америки (М. Е. Tomlinson, 1963; E. C. Reed и др., 1965; W. B. Howe, G. E. Heim, 1968; Mac. S. Stalker, 1963 и др.).

Можно сделать следующие выводы о строении речных отложений и условиях их образования, важные для их последующей геохимической характеристики.

Аллювиальные комплексы вскрыты в разрезах всех этапов четвертичного периода, что свидетельствует не только об унаследованности в развитии речных долин, но и широком масштабе аллювиального осадконакопления как составной части четвертичного литогенеза.

Своеобразие формирования аллювиальных отложений и развития речных долин в антропогене на территории бассейна заключается в наложении оледенений, в силу которых долины испытывали ледниковое переуглубление с частичным либо полным уничтожением продуктов предшествующей аллювиальной деятельности; ложбины ледникового размыва и выпавивания при отступании ледника являлись основой для последующего развития речных долин и аллювиальных накопле-

ний; нормальный тип аллювиальных отложений, характерный для теплых периодов, сменялся перигляциальным при наступлении оледенений.

В периоды максимальных потеплений в межледниковьях и голоцене образование аллювиальных осадков происходило в условиях русловых, пойменных и старичных фаций, а в периоды похолоданий — фаций половодья, озерных с речной проточностью, размывов и гляциоаллювия. Аллювий в олигоцен-неогеновое время формировался с развитием в начале дельтовых, затем русловых и озерно-старичных фаций.

Аллювиальное осадконакопление имело циклический характер, обусловленный периодичностью ледниковых и межледниковых эпох, колебаниями климата и гидродинамических режимов речных потоков, тектоники. Нами предварительно выделяется 28 циклов (пачек) аллювия: брестские — 3, налибокские — 2, александрийские — 8, шкловские — 2, муравинские и валдайские — до 6 в пределах второй надпойменной террасы и 5 первой террасы, голоценовые — 2.

Особенность формирования аллювиальных свит в олигоцен-неогене заключается в переходе от дельтовых в условиях теплого и влажного климата в олигоцене к континентальным условиям неогена, претерпевшим постепенные палеоклиматические изменения в сторону похолоданий в плиоцен-раннечетвертичное время.

В силу широтной зональности распространения и смены различных типов отложений, а также особенностей развития речной сети вещественный состав аллювиальных осадков несет черты пространственной широтной зональности и дифференциации.

На формирование речных долин и их отложений оказали влияние особенности строения и состава глубинных зон.

## ОСНОВНЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ЧЕРТЫ И ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БАССЕЙНА ДНЕПРА

### Литогеохимическая характеристика аллювиальных отложений

**Аллювиальные отложения палеоген-неогена.** Верхнеолигоценовые дельтовые отложения представлены глауконит-кварцевыми, кварцевыми стекольными песками и гумусированными глинами с растительными остатками; континентальные осадки полтавской серии сложены аллювиальными и озерно-аллювиальными пестроцветными глинами, переходящими в кровле в красно-бурые, а на участках угленакопления — темно-серыми кварцевыми песками, содержащими рассеянное углистое вещество и растительные остатки с прослоями и линзами бурого угля и гумусированных глин.

Гранулометрический состав отложений неогена характеризуется значительными колебаниями содержаний отдельных фракций. Величина медианного диаметра ( $Md$ ) колеблется в пределах 0,05—0,36 (среднее 0,18) мм, коэффициент сортировки ( $S_0$ ) 1,30—2,68 (1,62). В целом они отличаются от морских песков палеогена меньшей степенью сортировки, более высокими концентрациями фракции 0,25—0,1 мм и низкими — менее 0,1 мм (табл. 1). В стекольных песках содержание фракции 0,25—0,1 мм достигает 96%, остальные имеют незначительное распространение: 0,1—0,05 мм до 18,6, а менее 0,05 не превышает 2,2%. Величина  $Md$  колеблется от 0,12 до 0,28 мм.

В песках угленосных разрезов (Житковичи) преобладают алевритовая (46,2%) и пелитовая (24,4) фракции.  $Md$  составляет 0,08 мм,  $S_0=2,7$ . Пески русловой фации характеризуются повышенными содержаниями фракций свыше 0,25 мм при среднем значении  $Md=0,12$ , а фации пойм, болот, напротив, имеют более высокие значения фракций 0,25—0,1 (17,9—19,6 против 13,0% в русловой фации) при  $Md$ , равном 0,06—0,07 мм.

У пестроцветных глин полтавской серии месторождений правобережья Припяти (дд. Городное, Столинские Хутора, Токарня, Журавлево, Горынь) преобладают частицы менее

Гранулометрический состав неогеновых

Генетический тип	Кол-во проб	Фракция,				
		>3,0	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25
Неогеновые,						
Аллювий	26	0-0,4*	0-0,3	0-4,4	0,4-23,5	1,4-48,1
		0,03	0,06	0,69	7,27	18,42
Озерно-аллювиальный	26	0,01-0,2	0,01-0,2	—	0,04-15,2	0,5-51,5
		—	0,11		2,35	6,90
				ед.з.—4**	1-6	5-25
Палеогеновые,						
Морской	21	0-0,5	0-0,8	0-1,7	0,04-45,0	0,04-61,72
		0,05	0,05	0,42	4,28	12,49

\* Здесь и далее в числителе—пределы содержания, в знаменателе—

\*\* Наиболее часто встречаемые содержания (по данным Э. А. Левкова,

0,01 мм — до 80%, у суглинков и супесей — 30—60% (В. Н. Щербина, Н. В. Зайцева, 1965). Близкими данными характеризуются глины этого возраста в долине Днепра и северной части Днепровско-Донецкой впадины (А. Ф. Чаркина, 1958; Г. И. Горещкий, 1970).

По минералогическому составу неогеновые пески преимущественно кварцевые. В легких фракциях 0,25—0,01 мм (табл. 2) содержание кварца составляет 93—99%; слюды — 0,1—1,4% (причем она представлена мусковитом), полевых шпатов — 0,1—0,8, кальцита — до 0,2%. Фракции крупнее 0,25 мм обычно сложены почти полностью кварцем, преимущественно полупрозрачным серого и бело-серого цвета, незначительную часть (до 20%) составляет дымчатая и серовато-синяя разновидность. В ассоциации тяжелых минералов, по нашим данным, наибольшее распространение имеет аллотигенная ассоциация: рутил, дистен, ставролит, циркон; остальные минералы — в незначительных количествах. Встречены также топаз и барит (во фракции 0,075—0,01 мм до 0,1%), апатит (0,5% во фракции 0,1—0,075 и 0,2% — 0,075—0,01 мм). Аутигенные минералы представлены окислами железа и пиритом.

Выход тяжелых минералов колеблется в среднем от 0,97 (фракция 0,075—0,01 мм) до 0,32% (0,25—0,1 мм) и определяется фаціальными условиями осадконакопления. В осадках буроугольного месторождения Житковичи их выход во фрак-

Таблица 1

и палеогеновых отложений бассейна Днепра, %

мм			Md, мм	S <sub>0</sub>	S <sub>к</sub>
0,25—0,1	0,1—0,01	<0,001			

полтавская серия

19,9—87,5	3,1—66,9	0,2—7,7	0,05—0,36	1,3—2,68	0,41—1,27
52,43	18,15	2,95	0,18	1,62	0,94
1,9—50,8	2,7—62,3	4,1—81,8	0,01—0,40	1,24—6,29	0,16—14,14
16,58	46,25	24,35	0,08	2,57	1,66
35—65	2—18	2—6	0,4—0,14	1,5—7,0	—

харьковский ярус

0,4—66,0	2,38—71,9	3,66—55,3	0,04—0,47	1,36—2,68	0,32—1,13
30,34	32,98	19,43	0,18	1,95	0,75

среднее.

С. С. Маныкина, 1970).

ции 0,25—0,01 мм составляет (среднее 20 проб) для фации русел 0,41%, заболачивающихся водоемов 0,35 и пойм 0,13%.

Сходные данные приводятся для неогеновых песков З. А. Гореликом, Э. Д. Мишаговой, Э. А. Левковым (1961), Э. А. Левковым и С. С. Маныкиным (1970).

Мономиктовый характер олигоценых песков свидетельствует о глубокой и неоднократной переработке исходных пород дельтовыми и речными водами в условиях теплого гумидного климата. Неогеновые континентальные пески близки по составу к палеогеновым морским, за счет размыва которых они образовались, что указывается и другими исследователями. Мы подчеркнем и некоторые выявленные различия: во фракциях 0,25—0,1 и 0,1—0,05 мм морские осадки имеют более высокие содержания глауконита (1,9 и 5,5% соответственно), ильменита (33,4 и 40,3) и пониженные — турмалина (0,9 и 6,7) и граната (6,36) (табл. 2).

Для ассоциации глинистых минералов неогеновых отложений характерно преобладание монтмориллонита. Состав пестрых глин, по М. А. Безбородову, Э. Э. Мазо, Н. И. Зуеву (1953), определяется как монтмориллонитовый с незначительной примесью гидрослюд, а В. Н. Щербиной и Н. В. Зайцевой (1965) как полиминеральный: наряду с ведущими минералами — монтмориллонитом, каолинитом отмечаются монармит, галлуазит, гидромусковит. Красно-бурые глины отли-

Минералогический состав неогеновых и

Фракция, мм	Легкая фракция					Тяжелая				
	кварц	поле вые шпаты	мусковит	глауконит	кальцит	циркон	турмалин	рутил	эпидот, цон-зит	
Неогеновые,										
<i>Аллювиа</i>										
0,25—0,1	99,2	0,1	0,1	0,4	—	9,8	—	20,9	—	
0,1—0,075	98,7	0,4	0,5	—	0,2	7,0	0,7	9,0	0,1	
0,075—0,01	93,3	0,8	1,4	—	—	51,2	0,2	17,5	—	
0,25—0,15*	нет данных					0—1,0	2,8—22,6	0—3,6	0—3,6	
0,15—0,10	«					0,6—6,5	5,9—15,7	0—3,5	0—6,3	
0,10—0,05	«					9,7—16,1	1,4—10,7	2,3—10,1	0—16,1	
0,1—0,05**	«					0,2—16,5	1,2—13,0	0,4—7,3	1,2—10,3	
Палеогеновые,										
<i>Мор</i>										
0,25—0,1	54,9	1,0	42,4	сл.	—	—	4,2	—	—	
0,1—0,075	79,4	0,7	17,4	сл.	—	1,8	8,8	2,2	1,0	
0,075—0,01	90,8	0,6	2,7	2,8	—	11,3	3,0	11,5	1,2	
0,25—0,1*	нет данных					1,9	—	6,7	1,8	—
0,1—0,05	«					5,5	—	3,6	0,9	10,7

\* По З. А. Горелику, Э. Д. Мишаговой, Э. А. Левкову (1961).

\*\* По Э. А. Левкову, С. С. Манькину (1970).

чаются от пестрых повышенными концентрациями кальцита, гидрогематита и лимонита.

По нашим данным, фракция <0,001 мм верхнеолигоценых глин представлена в основном каолинитом, неогеновых — преимущественно монтмориллонитом в отличие от четвертичных глин, где господствует гидрослюда типа иллита.

Э. А. Левков, С. С. Манькин (1970) дают близкие результаты: монтмориллонит, каолинит, гидрослюда и смешанно-слоистые гидрослюда-монтмориллонитовые образования с примесью кварца, полевых шпатов. В районах, примыкающих к Белорусскому кристаллическому массиву, и в Припятской впадине преобладают каолинит и гидрослюда.

На юге Поднепровья на северо-восточном склоне Украинского массива с неогеновыми отложениями связаны месторождения переотложенных аллювиальных, аллювиально-

## палеогеновых песков бассейна Днепра, %

фракция

гранаты	роговая обманка	дистен	силлиманит	ставролит	ильменит	лейкоксен
---------	--------------------	--------	------------	-----------	----------	-----------

## полтавская серия

льные

—	—	14,1	15,3	2,5	6,7	—
0,6	3,1	8,0	13,0	0,3	0,8	7,8
—	0,1	5,3	5,6	0,2	0,2	7,5
1,6—21,8	—	0,7—9,5	1,6—2,3	8,4—15,9	—	—
5,6—17,7	0,1—0,7	2,3—5,4	1,3—14,7	6,3—10,4	—	—
2,7—7,2	0—1,0	1,8—4,0	0—3,0	3,2—4,5	—	—
0,1—5,6	—	1,3—15,1	1,6—10,1	ед. з—1,2	22,4—45,9	6,3—29,3

## харьковский ярус

ские

16,0	4,4	5,4	7,9	4,4	15,7	5,9
3,7	3,1	4,6	7,3	2,3	18,4	29,7
2,0	8,8	3,7	4,2	1,4	48,1	11,5
6,5	—	9,3	—	9,1	33,4	—
6,3	—	21,1	—	4,4	40,3	—

болотных каолинов. Глинистые минералы здесь представлены в основном каолинитом (до 70%). Химический состав глин (%):  $\text{SiO}_2$ —16,30—54,50%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ —33,01—54,69,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ —0,60—1,13,  $\text{CaO}$ —до 0,66,  $\text{SO}_3$ —до 0,30, потеря при прокаливании (п. п. п.) — 11,48—25,93 (Л. И. Карякин, 1958).

В составе аллювиальных песков преобладает кремнезем — 95,7—99,19% (среднее 97,14), содержание остальных окислов (исключая глинозем — до 1,81 при среднем 0,93%) не превышает 0,9%. От морских песков они отличаются повышенными содержаниями кремнезема и резко пониженными глинозема, окислов железа и магния (табл. 3). Указанные различия могут быть использованы при уточнении возраста и генезиса осадков палеоген-неогеновой толщи.

Особенностью неогенового аллювия по отношению к четвертичному является резко повышенная величина отношения кремния к алюминию (см. табл. 32).

**Химический состав неогеновых аллювиальных и палеогеновых**

Генетический и литологический тип отложений	Место опробования	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
<b>Неогеновые,</b>				
Аллювий, песок	д. Соловьев Хутор, Речицкий район	98,17	0,36	0,36
	«	96,86	0,28	0,86
	ряд месторождений стекольного песка	96,0—99,19	0,03—0,37	0,07—1,81
	д. Соловьев Хутор	96,79—99,03	0,04—0,37	0,07—1,33
	дд. Покровское и Лазаревичи, Быховский район	95,72	0,28	2,73
	д. Породино, Мстиславльский район	97,0	0,48	0,25
	дд. Сербовичи и Бердыш, Чечерский район	95,7—96,92	0,16—0,35	0,13—0,68
Озерно-аллювиальный, пестрые глины	Столинский район	50—85	1,5—8,0	9—29
	Белорусское Полесье	50—88	0,п—10	6—24
	д. Щитцы, Речицкий район	65,2	10,6	14,6
	Днепровско-Донецкая впадина:			
	I горизонт	61,88—73,86	4,78—9,60	13,32—16,42
		66,82	6,12	15,70
	II горизонт	57,62—72,84	4,79—7,78	14,31—22,58
		66,37	6,19	16,98
	III горизонт	56,52—71,48	3,66—7,90	14,78—26,47
		66,40	5,56	17,87
IV горизонт	54,71—78,02	2,22—6,98	12,65—28,07	
	66,26	3,54	19,04	
V горизонт	46,31—80,82	1,0—3,35	13,55—35,21	
	64,63	2,11	22,37	
Озерно-аллювиальный, красные глины	Днепровско-Донецкая впадина	58,50—72,66	4,67—7,98	10,28—18,72
<b>Палеогеновые,</b>				
Морской, песок	бассейн Днепра	92,71	2,58	2,57

## морских отложений бассейна Днепра и смежных территорий, %

CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	п. п. п.	Автор
полтавская серия						
0,18	0,18	0,02	0,05	0,13	0,76	В. А. Кузнецов
0,66	0,14	—	—	—	—	В. К. Лукашев, 1970
0,16—0,88	сл.—0,41	—	—	—	—	З. А. Горелик и др., 1961
0,23—0,88	0,07—0,32	0,17—0,21	—	—	—	С. С. Манькин, 1959
0,89	0,10	—	—	—	—	«
сл.	—	—	—	—	—	«
—	0,05	—	—	—	—	по А. Г. Рублевской (С. С. Манькин, 1959)
—	—	0,25—0,30	—	—	4,5—12	В. Н. Шербина, Н. В. Зайцева, 1965
0,2—1,5	0,0п—0,8	0,4—3,5	—	—	—	Э. А. Левков, С. С. Манькин, 1970
1,4	1,5	не определялись	—	0,10	5,3	В. К. Лукашев, 1970
1,0—1,90	сл.—0,87	«	«	0,17—0,26	5,74—8,94	А. Ф. Чаркина, 1958
1,44	0,50	«	«	0,21	7,12	«
0,40—1,92	0,22—0,83	«	«	0,88	6,25—9,46	«
1,20	0,58	«	«	—	7,42	«
0,40—1,40	0,42—0,83	«	«	—	6,26—10,35	«
1,19	0,54	«	«	—	7,63	«
0,30—1,60	0,30—0,52	«	«	—	5,60—11,44	«
1,01	0,41	«	«	—	8,07	«
0,20—1,40	0,34—0,78	«	«	—	4,45—13,65	«
0,79	0,47	«	«	—	8,20	«
0,50—12,02	0,10—2,21	«	«	0,27—0,48	5,06—10,76	«
харьковский ярус						
0,22	0,30	0,14	—	—	1,02	В. А. Кузнецов

Озерно-аллювиальные пестрые и красно-бурые глины характеризуются большим разнообразием содержаний макрокомпонентов (табл. 3). Однако вторая разновидность глин отличается от первой повышенными содержаниями Ca, Mg и S. По мере перехода от V к I горизонту возрастает содержание карбонатов и окислов железа и уменьшается — глинозема, что согласуется с постепенной перестройкой палеогеографической обстановки в неогене: обмелением водоемов и возрастанием континентальности климатических условий.

Аллювиальные и озерно-аллювиальные пестрые глины познаньской свиты плиоцена соседней территории Польши, по данным В. К. Лукашева (1970), характеризуются следующими содержаниями (%):  $\text{SiO}_2$ —58,91—65,05 (среднее 62,32),  $\text{Al}_2\text{O}_3$ —15,25—23,88 (19,04),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ —4,21—9,18 (6,19),  $\text{FeO}$ —0,21—0,62 (0,30),  $\text{CaO}$ —0,75—3,87 (1,32),  $\text{MgO}$ —1,49—1,78 (1,65),  $\text{Na}_2\text{O}$ —0,17—0,85 (0,35),  $\text{K}_2\text{O}$ —0,80—2,01 (1,53),  $\text{SO}_3$ —следы—0,22 (0,07), п. п. п.—5,82—7,76 (6,76). По отношению к подобным по времени и условиям образования глинам бассейна Днепра они выделяются несколько пониженными содержаниями кремнезема и повышенными глинозема.

#### Содержание микроэлементов в неогеновых и палеогеновых

Генетический тип	Порода	Кол-во проб	Ti	Mn
Неогеновые,				
Аллювий русловый  старичный, озерно-аллювиальный Дельтовый Озерно-аллювиальный	песок	27	6,1—117 42	3,0—11,5 5,2
	глина пестроцветная	1	390	7,4
	глина черная	1	310	13,0
	песчаные *	475	40	2,0
	глинистые углистые	154 99	260 600	8,0 9,0
Палеогеновые,				
Морской	песок	10	29,3—230 140	8,1—33,0 9,0
	супесь		12	165—280 170
	песчаные	1450		540
	глинистые карбонатные	99 51	660 800	9,6 22,0

\* Средние значения по песчаным, глинистым, карбонатным и углистым

Таким образом, особенности смены химического состава неогеновых глин вверх по разрезу свидетельствуют не только об изменениях палеогеографической среды аллювиального литогенеза, но и перестройке палеогеохимической обстановки в направлении большей миграции и аккумуляции соединений Са, Mg, Fe, Mn и перехода к формированию гидрослюд и карбонатов (как типоморфных новообразований четвертичного периода). Эти же особенности среды литогенеза плиоцена в Поднепровье указывают также С. С. Манькин (1959) и В. А. Ворона (1967).

Фракция  $< 0,001$  мм полтавских глин характеризуется составом (%):  $\text{SiO}_2$ —50,09—54,60 (среднее по 11 пробам 52,89),  $\text{Al}_2\text{O}_3$ —22,67—27,35 (25,39),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ —3,60—6,69 (4,72),  $\text{MgO}$ —0,52—2,53 (1,27),  $\text{Na}_2\text{O}$ —0,74—2,31 (1,53),  $\text{K}_2\text{O}$ —0,31—2,29 (1,38), п. п. п.—9,97—15,00 (10,84).

Содержание  $\text{C}_{\text{орг}}$  в дельтовых суглинках и глинах верхнего олигоцена юга Белоруссии колеблется в пределах 0,01—0,55% (среднее 0,16%) и 0,07—0,77 (0,37%) соответственно. В пестроцветных аллювиально-озерных глинах Польши оно составляет 0,04—0,34%. При переходе от морских к континенталь-

Таблица 4

отложениях бассейна Днепра,  $\text{п} \cdot 10^{-3} \%$

Cr	Ni	V	Zr	$\frac{\text{Cr}}{\text{Ni}}$	$\frac{\text{Mn}}{\text{Ni}}$	$\frac{\text{Ti}}{\text{Zr}}$	$\frac{\text{Zr}}{\text{Ni}}$	$\frac{\text{Ni}}{\text{V}}$
полтавская серия								
0,6—3,0	0,1—0,7	0—3,8	1,0—25	3,3	19	1,0	15	0,2
0,9	0,3	1,5	4,2					
2,1	0,8	2,6	26	2,6	9,2	15	32	0,3
2,0	4,0	9,0	—	0,2	3,2	—	—	0,4
—	1,0	0,6	29	—	2,0	1,3	29	1,6
6,4	3,6	3,0	27	1,5	2,2	9,6	7,5	1,2
2,2	1,6	3,5	78	1,3	5,6	7,6	4,8	0,4
харьковский ярус								
0,97—5,7	0,1—1,3	2,3—34,0	0,9—31,0	17	45	14	50	0,1
3,4	0,2	12,0	10,0					
4,4—6,5	1,0—2,8	19,0—25,0	23,0—30,5	4,4	15	5,7	24	0,05
5,3	1,2	17,5	30,0					
2,9	0,8	6,6	98	3,5	10	5,5	12	0,1
5,0	1,6	9,6	96	3,1	6,0	6,9	6,0	0,1
2,2	2,2	19,0	76	1,0	10	11	30	0,1

породам даны по материалам С. С. Манькина.

ным условиям литогенеза в осадках одного и того же литологического типа отмечается тенденция к уменьшению концентраций Mn, Cr, V и снижению величин геохимических коэффициентов (Cr : Ni, Mn : Ni, Ti : Zr; менее четко Zr : Ni, табл. 4). В содержании микроэлементов в ряду перехода от дельтовых к старичным и озерно-старичным глинам уменьшаются концентрации Mn, Ni и V.

Подобные изменения содержаний микроэлементов отмечены Д. П. Малюгой (1947). Соотношение микроэлементов группы железа им использовалось для отделения пермских дельтовых илов (имеющих величину отношений Co : Ni : Cu : V : Fe : Mn, равную 1 : 3 : 1 : 4,3 : 1400 : 20) от морских (1 : 10 : 3 : 3,2 : 8 : 2200).

Плиоценовые глины по сравнению с четвертичными выделяются повышенными (до 1,5—2 раз) концентрациями Cr, Ni, V, Cu, Ti и пониженными Zr и Mn.

Изменения геохимической среды аллювиального литогенеза в палеоген-неогеновое время на территории бассейна Днепра иллюстрируются данными каротажа разреза д. Соловьев Хутор (рис. 3). Дельтовые осадки, формирующиеся под влиянием морских вод, характеризуются максимальными концентрациями микроэлементов. С переходом к континентальным условиям отмечается резкое падение концентраций микроэлементов. Отложения старичных и аллювиально-озерных аккумуляций пестроцветной толщи хотя и вели к некоторому повышению содержаний элементов за счет глинистых осадков, все же не изменили общей картины.

Смена климатических условий аллювиального литогенеза от плиоцена к предледниковью и далее к ледниковью четвертичного периода отразилась в направленном уменьшении концентраций микроэлементов в осадках, что отмечается на разрезе дд. Переделки и Дворец (рис. 4, а и 5).

Среда формирования осадков характеризуется следующими изменениями величин рН: от слабощелочной (7,3—7,7) у морских палеогеновых песков до слабокислой у дельтовых (6,8) и пестроцветных озерно-аллювиальных (4,7) глин.

Показателем различия обстановки аллювиального литогенеза являются также составы 3%-ных солянокислых вытяжек. В обнажении Соловьев Хутор глины, формировавшиеся в условиях дельты (интервал 11,55—15,75 м), по отношению к аллювиальным и озерно-аллювиальным континентальным пестроцветным глинам (0,20—2,20 м) отличаются пониженным содержанием окислов железа соответственно (%): 0,17—0,19 (среднее 0,18) и 0,06—0,62 (0,31). По содержанию щелочноземельных элементов они близки к морским осадкам.

Четвертичные озерно-аллювиальные гумусированные глины отличаются от неогеновых еще большими концентрациями

в 3%-ных HCl-вытяжках (%):  $Fe_2O_3$ —0,35—4,58 (1,68),  $CaO$ —0,62—13,40 (7,83),  $MgO$ —0,10—3,49 (1,69) (см. табл. 50). Осадки дельтового аллювия резко отличаются от неогеновых озерно-аллювиальных содержанием Na, Cl и величинами коэффициентов  $(Na+K) : (Ca+Mg)$  и  $Ca : (Ca+Mg)$  в поровых растворах (см. табл. 54).

Для состава поглощенного комплекса осадков морских условий формирования характерна величина коэффициента щелочности (отношение поглощенных  $K^++Na^+$  к  $Ca^{+2}++Mg^{+2}$ ) 0,18—0,58, в то время как для речных пестроцветных глин неогена — около 0,16. Низкие величины данного коэффициента для плиоценовых глин Поднепровья отмечены

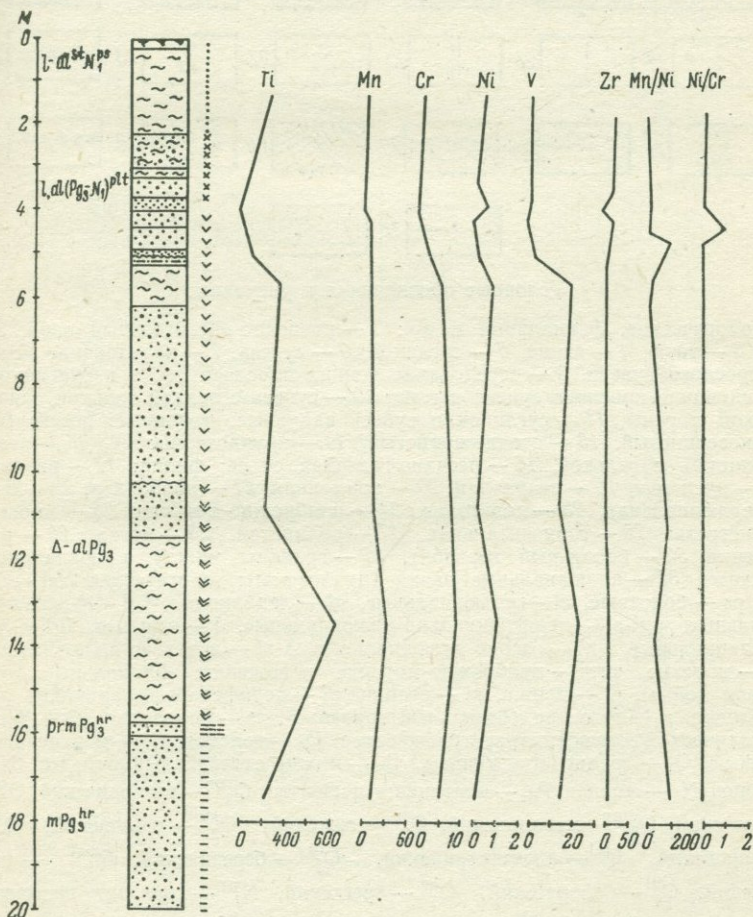
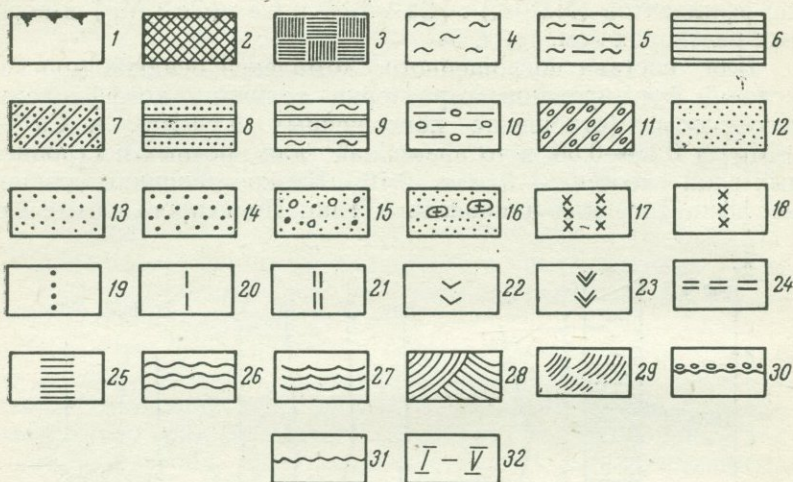


Рис. 3. Спектрокаротажная диаграмма разреза у д. Соловьев Хутор Речицкого района



Условные обозначения к рисункам:

литологические, фациальные и др.: 1 — почвенно-растительный слой, 2 — ил, 3 — торф, 4 — глина, 5 — суглинок, 6 — супесь, 7 — чередование песков и прослоев супеси, 8 — чередование тонких прослоев песка и супеси, 9 — чередование прослоев супеси и глин, 10 — супесь с редкой галькой акватической морены, 11 — суглинок и супесь валунные, моренные; песок: 12 — тонкозернистый, 13 — среднезернистый, 14 — крупнозернистый, 15 — разнозернистый с галькой, 16 — песчано-галечная смесь; фации: 17 — размыва, 18 — русловая, 19 — старичная, 20 — пойменная, 21 — половодья, 22 — озерно-аллювиальная, 23 — дельтовая, 24 — прибрежно-морская, 25 — морская; слоистость: 26 — горизонтальная, 27 — волнистая, 28 — косая, 29 — рябь течения, 30 — базальный горизонт, 31 — границы между аллювиальными пачками, 32 — аллювиальные пачки (циклотемы); генетические: pd — почва, ps — болотные, al — аллювиальные, gl — ледниковые, fgl — флювиогляциальные, pgl-al — перигляциально-аллювиальные, l — озерные, lgl — лимногляциальные, l-al — озерно-аллювиальные, Δ-al — дельтово-аллювиальные, m — морские, ргm — прибрежно-морские отложения; фациальные: рг — фация поймы, pl — пляжа, st — стариц, pf — периферийно-старичная, pt — русловая, rt — размыва (базальный горизонт), rs — половодья, ак — фация акватической морены; стратиграфические: Q<sub>4</sub> — голоцен, Q<sub>3</sub> — верхнечетвертичный, Q<sub>2</sub> — среднечетвертичный, Q<sub>1</sub> — нижнечетвертичный отделы; N<sub>2</sub> — плиоцен, N<sub>1</sub> — миоцен, P<sub>g<sub>3</sub></sub> — олигоцен; горизонты: Q<sub>3</sub><sup>rut</sup> — рутковичский, Q<sub>3</sub><sup>ors</sup> — оршанский, Q<sub>3</sub><sup>mur</sup> — муравинский, Q<sub>2</sub><sup>sz</sup> — сожский, Q<sub>2</sub><sup>sk</sup> — шкловский, Q<sub>2</sub><sup>dn</sup> — днепровский, Q<sub>2</sub><sup>al</sup> — александрийский, Q<sub>1</sub><sup>brz</sup> — березинский, Q<sub>1</sub><sup>nal</sup> — налибокский, Q<sub>1</sub><sup>bl</sup> — белорусский, Q<sub>1</sub><sup>br</sup> — брестский, N<sub>1</sub><sup>ps</sup> — горизонт пестроцветных глин, (P<sub>g<sub>3</sub></sub> — N<sub>1</sub>)<sup>pl</sup> — полтавская серия; P<sub>g<sub>3</sub></sub><sup>hr</sup> — харьковская свита

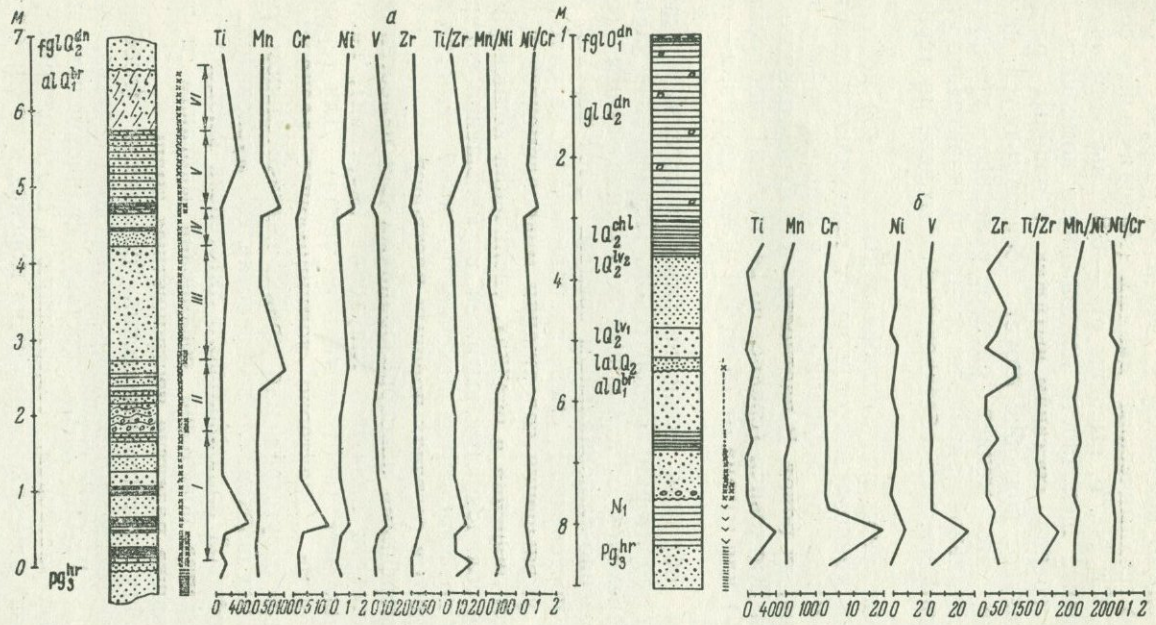


Рис. 4. Спектрокаротажная диаграмма разрезов близ д. Перedelки (а) и д. Крупейки (б) Речицкого района.

также В. А. Ворона (1967). Различия палеогеновых и четвертичных отложений по составу поглощенного комплекса описываются ниже.

Необходимо подчеркнуть, что низы разреза д. Соловьев Хутор по геохимическим данным (максимальным содержаниям Mn, Cr, Ni, V, высоким рН — 6,8, высоким значениям коэффициента щелочности поглощенного комплекса — 0,18—0,58 и особенно составам вытяжек и поровых растворов, о чем сказано подробно ниже) обосновываются нами как дельтовые, что меняет распространенное представление о континентальной природе их осадков и значительно уточняет палеогеографическую обстановку в олигоцене на территории бассейна.

В фациальном ряду аллювиальных осадков неогена концентрации микроэлементов в целом подчиняются некоторому их увеличению от русловой фации к фациям пойм и застойных торфяных болот. В частности, для буроугольного месторождения Житковичи (среднее по 24 пробам) они составляют ( $n \cdot 10^{-3}\%$ ) для титана от 78 до 100 и 300, марганца — от 3 до 5,4 и т. д.

Таким образом, аллювиальный литогенез в указанное время на территории Белорусского Поднепровья характеризуется переходом от дельтовых к долинно-речным (старичным) и озерно-аллювиальным средам. Этот переход фиксируется в постепенной смене слабощелочных на слабокислые условия, уменьшении содержаний микроэлементов и изменении их соотношений в осадках, увеличении концентраций Fe в составе солянокислых вытяжек, в уменьшении содержаний Na, Cl и коэффициентов щелочности, карбонатности и хлорсульфатного в составах поровых растворов.

Типоморфными новообразованиями для палеоген-неогенового литогенеза являются глауконит (морская), каолинит и монтмориллонит (континентальная среда). Для терригенной части осадков характерно доминирующее распространение кварца при отсутствии или крайне незначительном содержании полевых шпатов; слюда представлена мусковитом.

Спецификой аллювиального литогенеза миоцена является разнообразное поведение соединений марганца и железа, обусловившее развитие пестроцветных толщ.

По ряду литогеохимических признаков (особенностям гранулометрического и минералогического состава, содержанию  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , составу солянокислых вытяжек и поровых растворов, содержанию и соотношениям микроэлементов) отмечаются различия морских и континентальных песчаных осадков, имеющих местами сходный внешний вид.

**Аллювиальные отложения нижнечетвертичного возраста.** Особенностью песков брестского предледникового является

коричневая, коричнево-серая окраска; среди супесей и глин преобладают темно-серые и черные гумусированные разности со слабым коричневатым оттенком; глины содержат редкие карбонатные стяжения. Для песков налибокского возраста типична белая, светло-серая и желтовато-серая окраска; у суглинков и глин преобладает серый, зеленовато-серый и светло-зеленый цвет, а гумусированные темно-серые и черные разности имеют незначительное распространение.

В гранулометрическом составе аллювия и озерно-аллювиальных отложений отмечается большое разнообразие содержаний зерен различной размерности (%): фракция  $>3,0$  мм — 0,42—29,02 (среднее по 10 пробам 7,54) и не обнаружено;  $3-2$  мм — 0,12—10,3 (3,52) и 0—0,7 (среднее по 18 пробам 0,09);  $2-1$  мм — 0,02—10,4 (3,97) и 0—0,4 (0,1);  $1,0-0,5$  мм — 0,04—39,3 (15,92) и 0,2—1,1 (0,57);  $0,5-0,25$  мм — 0,5—49,04 (19,09) и 1,4—7,7 (3,71);  $0,25-0,1$  мм — 0,8—62,24 (24,61) и 59,0—79,3 (68,33);  $0,1-0,01$  мм — 0,8—56,4 (13,75) и 9,3—27,7 (18,39); менее  $0,01$  мм — 1,0—54,5 (10,78) и 4,3—11,4 (8,75);  $Md$  0,16—0,53 (0,34) и 0,13—0,16 (0,14);  $S_0$  1,31—2,03 (1,59) и 1,35—1,69 (1,50).

В составе брестских песков доминирует кварц, по морфологическим особенностям (мутности и включениям) сходный с неогеновым, меньшее распространение имеет слюда (мусковит), полевых шпатов не отмечается. У налибокских песчаных осадков господствующим является кварц, составляющий в легкой фракции  $0,25-0,01$  мм 79—100%; в меньшей мере распространены полевые шпаты (0,6—17,1), мусковит (до 1,2) и глауконит (0,2—0,8); изредка биотит (до 0,3). Среди тяжелых минералов наиболее распространены рутил, циркон, дистен, ставролит, лейкоксен (табл. 5). В гравийно-галечном материале, кроме кварца, встречены обломки гранитов, не отмечаемые в брестских песках.

Глинистая фракция ( $<0,001$  мм) предледниковых аллювиальных и озерно-аллювиальных отложений сложена иллитом, монтмориллонитом, каолинитом, карбонатами, при этом гидрослюда преобладает.

Как видно из изложенного, в составе нижнечетвертичного аллювия по сравнению с неогеновым типичным становится распространение полевых шпатов, биотита и гидрослюда.

Брестские русловые пески, в том числе базальных горизонтов, по сравнению с налибокскими характеризуются повышением содержаний Si и понижением Ca и Mg, что обусловлено не только перемывом неогеновых пород, но и близкими к мисценовым условиями образования (табл. 6). Сравнивая состав старичных глин брестского возраста долины Днепра с перигляциальными глинами Пляца Дефилад и Аллен Иерусалимской Польши, по возрасту относимыми

Минералогический состав нижнечетвертичного

Фракция, мм	Легкая фракция				Тяжелая			
	кварц	полевые шпаты	мусковит	глаукоцит	царкон	турмалин	рутил	эпидот, цоцит
0,25—0,1	100	—	—	—	5,2	4,2	5,7	—
0,1—0,075	98,8	0,6	—	0,3	19,5	1,0	23,7	0,5
0,075—0,01	79,4	17,1	1,2	0,2	46,0	0,5	22,0	—

к неоген-нижнечетвертичным осадкам, нельзя не отметить их большое сходство. В последних (по В. К. Лукашеву, 1970) отмечается (%):  $\text{SiO}_2$ —71,77—71,97 (среднее 71,87),  $\text{Al}_2\text{O}_3$ —13,95—14,73 (14,34),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ —2,24—2,28 (2,26),  $\text{FeO}$ —1,12—1,26 (1,19),  $\text{CaO}$ —0,58—1,02 (0,80),  $\text{MgO}$ —1,87—1,96 (1,92),  $\text{Na}_2\text{O}$ —0,54—0,64 (0,59),  $\text{K}_2\text{O}$ —1,61—1,89 (1,75),  $\text{SO}_3$ —не обн.—0,02; п.п.п.—4,50—4,64 (4,57) и микроэлементы ( $n \cdot 10^{-3}\%$ ): Ti—410—690 (550), Cr—8 (8), Cu—5—6 (5,5), Ba—34—63 (48,5), Zr—8—10 (9). В то же время по отношению к неогеновым глинам брестские глины Поднепровья выделяются большими содержаниями кремнезема и меньшими — окислов железа и кальция, а из микроэлементов — никеля и ванадия.

Налибокские речные отложения менее разнообразны по химическому составу, что связано с близостью фациальных обстановок при переходе к перигляциальным условиям.

Для песчаных речных отложений нижнечетвертичного возраста по сравнению с другими четвертичными речными осадками характерно высокое содержание кремнезема и низкое щелочей; при этом их соответствующие максимальные (для  $\text{SiO}_2$ ) и минимальные ( $\text{K}_2\text{O}$  и  $\text{Na}_2\text{O}$ ) концентрации связаны с брестскими песками (табл. 6). Содержание микроэлементов в брестском и налибокском аллювии показано в табл. 7.

Анализируя данные геохимического каротажа разреза д. Дворец (рис. 5), необходимо отметить следующие закономерности. Нижняя, относимая к брестскому времени, часть разреза (пачки I—III) характеризуется двумя пиками микроэлементов, приуроченных к органогенным отложениям и суглинкам; верхняя налибокского возраста (пачки IV—V) имеет в целом низкие, мало изменяющиеся концентрации элементов в осадках, за исключением незначительного повышения их на границе пачек, связанных с базальными гори-

## песчаного аллювия бассейна Днепра, %

фракция

гранаты	роговая обманка	дистен	силлиманит	ставролит	андалузит	ильменит	лейкоксен	окислы железа	топаз
0,1	11,3	12,5	10,1	23,9	0,4	7,6	13,6	5,2	0,2
—	0,5	20,0	9,5	3,7	1,6	2,1	12,6	3,2	0,5
—	0,8	4,2	6,8	1,2	0,2	7,5	9,3	—	0,2

зонтами. Соотношение микроэлементов в брестских глинах данного разреза составляет для Mn : Ni 11,8; Ti : Zr 10,5. Это резко отличает их от плиоценовых глин, имеющих значения данных коэффициентов 3,2 и 20 соответственно. Характерно, что уровни этих соотношений, а также концентраций микроэлементов близки к раннечетвертичным глинам соседней Польши (10,0 и 10), изученным В. К. Лукашевым (1970).

Как показано ниже (табл. 54), составы поровых растворов аллювиальных и озерно-аллювиальных глин неогенового и четвертичного возрастов резко различаются по уровням концентрации  $SO_4$ , Ca и Mg и т. д. Характерно, что по этим показателям старичные глины д. Дворец ближе к четвертичным, чем к плиоценовым аллювиальным.

Интересно отметить, что прозрачные разности кварца из брестских речных отложений имеют состав микроэлементов более близкий к неогеновым кварцам, чем к кварцам из на-либокских осадков. В то же время они отличаются от неогеновых концентрациями марганца (К. И. Лукашев, С. Л. Шиманович, В. А. Кузнецов, 1971).

Таким образом, геохимические данные подтверждают принадлежность осадков I—III пачек разреза д. Дворец к раннечетвертичному возрасту.

Спектрограммы дд. Переделки и Крупейки (см. рис. 4) в целом имеют сходное с вышеописанным разрезом распределение микроэлементов. В первом разрезе их максимальные концентрации связаны с нижними горизонтами толщи аллювия; распределение элементов по разрезу однородно, с незначительным повышением концентраций в базальных горизонтах отдельных пачек. Вторая спектрограмма имеет более однородное распределение микроэлементов, видимо, показывая перигляциальную фазу формирования аллювия, который в вышеописанных разрезах подобным образом отражается в их верхних частях.

Химический состав нижнечетвертичных

Фация	Порода	Кол-во проб	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO
Н а л и						
<i>Нормально-</i>						
Старичная	суглинок	3	71,34—82,92	2,10—3,05	8,66—16,55	0,53—0,71
			77,13	2,58	12,61	0,62
Пойменная	песок	2	92,67—94,52	0,57—0,80	1,80—2,12	0,35—0,36
			93,59	0,69	1,96	0,36
	супесь	3	76,89—82,92	1,14—2,16	8,05—8,35	0,43—0,77
			79,15	1,65	8,20	0,65
	песок	10	81,37—96,57	0,65—1,59	1,72—4,16	0,17—8,09
			89,58	1,32	2,93	1,86
Русловая	песок (базальный)	2	76,38—98,31	0,31—1,40	1,18—6,50	0,09—5,70
			87,35	0,86	3,84	2,89

*Перигля*

Половодная	песок	4	91,69—91,82	1,33—2,18	3,53—4,14	0,09—0,25
			91,76	1,76	3,84	0,17
	супесь	1	87,99	2,15	5,42	0,38

Брест

*Нормально-*

Старичная	глина	2	71,26—79,24	2,74—2,83	11,70—16,67	0,66—0,0
			75,25	2,79	14,19	0,68
Пойменная	песок	5	87,10—93,87	1,52—2,18	3,08—5,92	0,34—0,64
			90,92	1,76	4,23	0,49
Русловая	песок	4	81,53—96,92	0,96—2,62	1,46—9,98	0,18—0,54
			91,87	1,59	3,94	0,34
	песок (базальный)	3	75,78—96,34	0,47—2,78	1,85—13,88	0,15—0,50
			89,32	1,30	5,91	0,30
	супесь	2	70,87—80,89	2,90—4,68	10,91—15,28	0,69—0,83
			75,88	3,78	13,09	0,76

Состав брестских старичных песков отличается от налибокских более высокими концентрациями Ti (в 2 раза), Ni (6) и пониженными V (6,4) и Zr (в 3 раза); состав суглинистых осадков не имеет ярко выраженных различий, за исключением Mn (табл. 7).

## аллювиальных отложений Поднепровья, %

MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	п. п. п.
<i>бокские</i>				
<i>аллювиальные</i>				
0,38—0,64	0,71—1,12	0,08—0,14	0,14—0,18	3,86—5,99
0,51	0,92	0,11	0,16	4,93
0,11—0,18	0,2—1,72	0,17—0,53	0,12—0,27	0,76—0,79
0,15	1,02	0,35	0,19	0,78
0,40—0,48	2,10—2,30	0,50—0,73	0,05—0,08	4,39—6,60
0,44	2,20	0,61	0,07	5,49
0—0,65	0,16—1,72	0,04—0,60	0—1,08	0,17—10,90
0,21	0,83	0,30	0,20	2,31
1,49	0,10—1,79	0,06—0,97	—	0,44—6,37
	0,95	0,51		3,41
<i>циальные</i>				
0,16—0,18	0,45—0,55	0,12—0,18	—	1,12—1,78
0,17	0,50	0,15	—	1,45
0,28	1,05	0,33	—	1,67
<i>ские</i>				
<i>аллювиальные</i>				
0,50—0,54	0,97—1,34	0,13—0,22	—	3,49—5,67
0,52	1,14	0,14	—	4,58
0,25—0,49	0,36—1,18	0,14—0,40	0—0,07	0,77—1,24
0,39	0,78	0,28	0,02	0,94
0—0,44	0,04—1,26	0,04—0,28	—	0,06—2,85
0,29	0,49	0,23	—	1,02
0,25—0,54	0,09—1,05	0,03—0,28	—	0,66—4,59
0,38	0,42	0,14	—	1,92
0,37—0,55	0,76—1,44	0,11—0,42	—	3,25—5,02
0,46	1,10	0,27	—	4,14

Изучение разреза близ д. Переделки показывает, что формирование наливобских перигляциальных речных осадков происходило в условиях pH, определяемых составом размываемых пород: базальные горизонты размыва полтавских отложений 7,4, фации подмыва 7,3—7,9, половодной фации

Содержание микроэлементов в нижнечетвертичных

Фация	Осадок	Кол-во проб	Ti	Mn	Cr
<i>Налибок</i>					
<i>Нормально-</i>					
Старичная	песок	1	100	7,0	2,3
	супесь	1	350	15,0	0,8
	суглинок	1	500	16,3	10,0
Пойменная	песок	5	$\frac{22-185}{135}$	$\frac{6,8-24,0}{15,0}$	$\frac{0,85-2,1}{1,2}$
	супесь	2	$\frac{200-1000}{300}$	$\frac{10-44,7}{10,5}$	$\frac{3,0-4,5}{3,0}$
Русловая	песок	25	$\frac{20-1000}{80}$	$\frac{4,2-17,8}{9,5}$	$\frac{0,5-7,9}{2,1}$
<i>Перигля</i>					
Половодная	песок	6	$\frac{34-420}{175}$	$\frac{4,8-25,3}{17}$	$\frac{0,7-2,9}{1,3}$
	супесь	3	$\frac{210-500}{220}$	$\frac{9,5-27,0}{12}$	$\frac{1,5-7,4}{3,6}$
<i>Брест</i>					
<i>Нормально-</i>					
Старичная	песок	4	$\frac{30-130}{54}$	$\frac{3-14}{5,4}$	$\frac{0-2,2}{1,0}$
	супесь	3	$\frac{80-500}{170}$	$\frac{8,7-19}{11,5}$	$\frac{1,6-3,5}{3,3}$
	глина	5	$\frac{550-750}{570}$	$\frac{8,5-13}{11}$	$\frac{7,2-11}{9,5}$
Пойменная	песок	5	$\frac{16,5-25}{20}$	$\frac{3,4-5,5}{3,5}$	$\frac{0-15}{1,0}$
Русловая	песок	15	$\frac{11-240}{29}$	$\frac{1,0-35,0}{8,5}$	$\frac{0,8-2,5}{1,3}$

Таблица 7

аллювиальных отложениях бассейна Днепра,  $n \cdot 10^{-3}\%$ 

Ni	V	Zr	$\frac{Cr}{Ni}$	$\frac{Mn}{Ni}$	$\frac{Tj}{Zr}$	$\frac{Zr}{Ni}$
<i>ские</i>						
<i>аллювиальные</i>						
0,6	11,0	8,0	3,8	11,7	12,5	13,3
0,4	12,1	5,5	2,0	37,5	63,6	13,7
0,7	16,0	35,0	2,1	3,5	14,3	7,4
$\frac{0,2-0,8}{0,3}$	$\frac{2,5-21,0}{3,5}$	$\frac{2,0-15,5}{3,5}$	3,4	42,9	38,6	10,0
$\frac{1,0-1,6}{1,2}$	$\frac{4,0-19,0}{11,0}$	$\frac{18,0-20,0}{19,5}$	2,5	8,7	15,4	16,2
$\frac{0,2-5,7}{0,4}$	$\frac{0,9-12,0}{3,8}$	$\frac{1,7-85,0}{12,5}$	4,7	21,1	6,4	27,8
<i>циальные</i>						
$\frac{0,3-0,5}{0,3}$	$\frac{1,0-3,0}{2,3}$	$\frac{9,5-180}{100}$	3,7	48,6	1,7	285,7
$\frac{0,3-0,6}{0,4}$	$\frac{2,8-7,5}{3,6}$	$\frac{48,5-74}{55}$	8,8	29,3	4,0	131,1
<i>ские</i>						
<i>аллювиальные</i>						
$\frac{0-0,4}{0,2}$	$\frac{0-3,4}{1,0}$	$\frac{7,3-100}{10}$	6,2	33,7	5,4	62,5
$\frac{0,3-0,4}{0,3}$	$\frac{1,4-11}{2,8}$	$\frac{40-85}{54}$	10,0	32,9	3,1	154,3
$\frac{0,9-1,0}{0,9}$	$\frac{2,1-3,4}{2,9}$	$\frac{35-62}{54}$	10,2	11,8	10,5	58,1
$\frac{0-0,3}{0,1}$	$\frac{0-1,1}{-}$	$\frac{0-11}{-}$	10,0	35,0	—	—
$\frac{0-0,5}{0,2}$	$\frac{0-1,5}{1,0}$	$\frac{0-43}{11,5}$	6,5	42,5	2,5	57,5

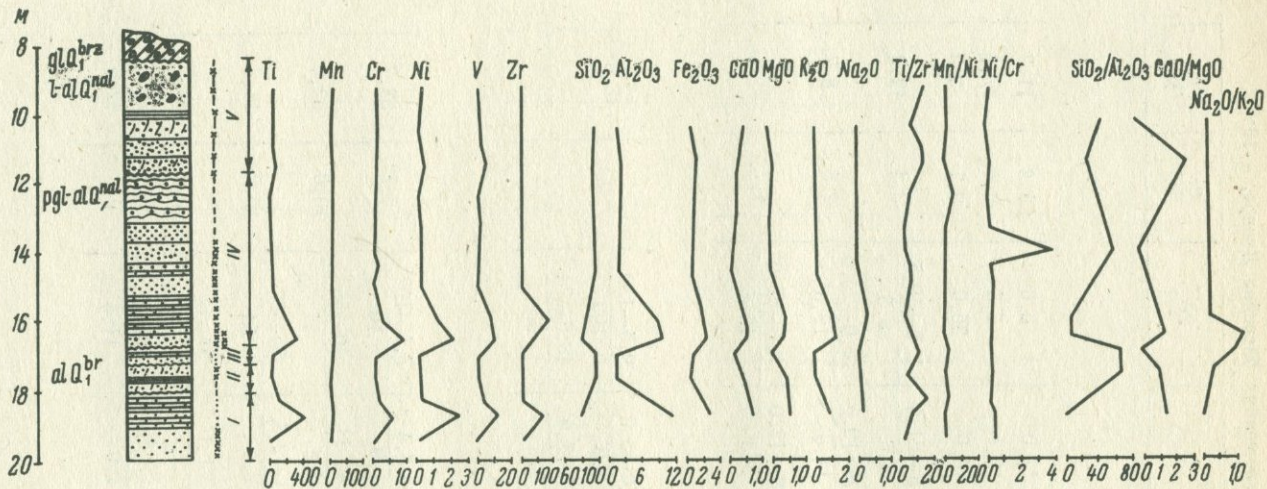


Рис. 5. Спектрокаротажная диаграмма разреза у д. Дворец Речницкого района

аллювия времени наступания березинского оледенения 7,9—8,2. Здесь полтавские старичные глины имеют рН 6,8, морские пески харьковского яруса 7,3—7,7, а березинские моренные супеси 8,7—9,1.

Из анализа состава и геохимических особенностей нижнечетвертичных речных отложений можно сделать следующие выводы:

переход от неогенового к четвертичному речному осадко-накоплению сопровождался коренной сменой питающих провинций, выразившейся в изменении минералогического состава осадков — широком распространении полевых шпатов, слюд (с господством биотита), обломков гранитов; среди глинистых минералов господство гидрослюды, не свойственной палеоген-неогеновым отложениям;

смена палеогеохимических условий литогенеза, связанная с переходом к четвертичному периоду и появлением новых источников питания, отразилась на химическом составе речных осадков: большим распространением окислов железа, понижении концентраций микроэлементов и величин соотношений  $Mn : Ni$ ,  $Ti : Zr$ ,  $Cr : Ni$  и т. д.;

переход от осадков нормального типа аллювия к перигляциальному четко отражается снижением концентраций и степени вариаций содержаний микроэлементов;

нижнечетвертичные (брестские) речные отложения выделяются высокими содержаниями кремния и пониженными щелочноземельных элементов, отражая значительное влияние питающей провинции, сложенной неогеновыми и палеогеновыми породами, роль которой в последующие этапы четвертичного аллювиального литогенеза резко уменьшилась и начала вновь возрастать лишь в голоцене.

Некоторые показатели вещественного состава неогеновых и нижнечетвертичных речных отложений (уровни и соотношения микроэлементов, состав вытяжек и поровых растворов из глинистых осадков и т. д.) могут служить дополнительным критерием при уточнении возраста осадков и проведении картирования в сложных условиях распространения близких по литологическому облику пород на юге Белорусского Поднепровья и Полесья. Установлены литогеохимические различия брестского и налибокского аллювия.

**Аллювиальные отложения среднечетвертичного возраста.** Речные осадки представлены разнообразными по литологическому составу породами александрийского и шкловского межледниковий. Первые сложены галечниками, песками, суглинками и глинами; значительное распространение среди них имеют мергели, известковистые глины и органогенные аккумуляции (главным образом гиттия). Вторые — преимущественно песками, супесями и гумусированными глинами;

среди органогенных осадков преобладает торф. Местами широко развиты тонкозернистые пески и супеси озерно-аллювиального генезиса.

Гранулометрический состав александрийских песчаных аллювиальных и озерно-аллювиальных отложений характеризуется следующими спектрами (%): фракция 3—2 мм — 0,4—0,64 и не обнаружено; 2—1 мм — 0,6—1,1 и 0—0,4; 1—0,5 мм — 1,8—3,6 и 0,4—1,6; 0,5—0,25 мм — 12,04—14,3 и 2,3—42,2; 0,25—0,1 мм — 28,4—62,6 и 25,6—62,6; 0,1—0,05 мм — 11,8—29,52 и 8,2—41,2; 0,05—0,01 мм — 4,2—24,2 и 2,4—19,5; менее 0,01 мм — 1,2—3,6 и 3,8—13,0. Величина  $Md$  колеблется в пределах 0,08—0,17 (среднее 0,13) и 0,08—0,23 мм (0,15);  $S_0$  — 1,44—4,35 (2,89) и 1,36—1,88 (1,65) и коэффициента асимметрии ( $S_K$ ) 0,34—0,93 (0,64) и 0,07—0,93 (0,82). Шкловские речные пески характеризуются содержанием фракции 3—2 мм — 0,2%; 2—1 мм — 6—7; 1—0,5 мм — 33,9; 0,5—0,25 мм — 43,2; 0,25—0,1 мм — 13,8; 0,1—0,05 мм — 1,1; 0,05—0,01 мм — 0,4 и менее 0,01 мм — 0,7%. Средний размер  $Md$  0,45 мм, а величина  $S_0$  — 1,57. Озерно-аллювиальные отложения шкловского возраста характеризуются преимущественным развитием фракций 0,25—0,1; 0,1—0,01 и менее 0,01 мм, соответственно равных 24,49; 32,14 и 26,48%. Величина  $Md$  у них колеблется от 0,1 до 0,24 (среднее 0,17), а  $S_0$  — в пределах 1,74—1,81 (1,78).

У александрийского аллювия гравийно-галечный материал сложен обломками известняков и доломитов (до 95% состава фракций свыше 2 мм) и изверженных пород (30), в меньшей мере отмечаются полевые шпаты (до 15%), слюды и гидроокислы железа. Крупнопесчаные фракции представлены кварцем (40—93%), полевыми шпатами (10—40), карбонатами (2—10), обломками пород (2—10), биотитом (5%). В мелкопесчаных и алевритовых фракциях преобладает кварц, карбонаты (2,9—90,2% отдельных фракций), полевые шпаты (0,5—17,5); среди тяжелых — гранаты (6,5—47,3), роговая обманка (7,6—43,8), ильменит (6,9—27,2) и другие (табл. 8). Отмечаются также во фракции 0,25—0,1 мм сфен (0,1—0,2%), анатаз (до 0,2), мусковит (0,1); во фракции 0,075—0,01 мм — барит (0,1) и монацит (до 0,4%).

В шкловских речных осадках гравийно-галечные фракции сложены в отличие от александрийских преимущественно обломками изверженных и кремнистых пород (33—65%), кварца (25—35) и полевого шпата (10—17%). В грубо-среднепесчаных фракциях преобладает кварц (80—97%), полевые шпаты составляют 3—15%, обломки изверженных пород до 5%, изредка отмечаются обломки осадочных пород. Состав более мелких фракций приведен в табл. 9. Наибольшее распространение среди легких минералов имеют кварц

(88,4—94,2% фракций), полевые шпаты (3,4—13,6), содержание карбонатов незначительное (до 0,6%). Среди тяжелых преобладают роговая обманка (14,6—28,3), ильменит (3,1—31,2), гранаты (3,2—23,7). Кроме указанных в таблице минералов, отмечаются во фракции 0,25—0,1 мм топаз (до 0,2%), глауконит (0,2), сидерит (0,7), 0,075—0,01 мм — титанит (до 0,9) и мусковит (0,2%).

Намечается закономерность пространственной дифференциации минералогического состава среднечетвертичного аллювия. В южном направлении во фракции 0,25—0,1 мм песков характерна тенденция к увеличению концентрации устойчивых гранатов, дистена, силлиманита, ставролита, андалузита, ильменита, лейкоксена и уменьшению менее устойчивых — роговой обманки, пироксенов, полевых шпатов, что свидетельствует о речном сносе с севера в рассматриваемый период времени.

Как видно из описанного, среди среднечетвертичных речных отложений александрийские выделяются повышенными содержаниями обломков осадочных пород и карбонатов в гравийно-галечном материале и пониженными полевыми шпатов в песчаных фракциях, что может быть использовано в качестве возрастного коррелятивного признака.

В соответствии с особенностями минералогического состава русловые пески александрийского возраста отличаются от шкловских повышенными содержаниями окислов кальция (в 2,5 раза) и магния (2,8),  $\text{CO}_2$  (3,0), несколько пониженными кремнезема и глинозема (табл. 9). Высокими содержаниями кальция и магния отличаются также супеси. В шкловских речных осадках химический состав определяется как литологическим типом отложений, так и фациальной средой их формирования, что видно на примере сопоставления состава старичных и пойменных глин. Интересно отметить, что перигляциальные пески содержат концентрации глинозема, окислов кальция, натрия и калия меньше, чем нижний предел их концентраций у русловых песков нормального аллювия.

В распределении микроэлементов по данным анализа 85 проб (табл. 10) отмечаются следующие закономерности. Шкловские пески в отличие от александрийских выделяются повышенными содержаниями ванадия независимо от их фациальной принадлежности: для русловой фаши в 2,2, пойменной в 1,8 и старичной в 2,7 раза. Это характерно и для глинистых осадков. Шкловские старичные пески по отношению к аналогичным александрийским имеют также повышенные концентрации марганца, хрома и никеля. Для александрийских песков независимо от их фациальной обстановки характерны повышенные значения  $\text{Zr} : \text{Ni}$ .

**Минералогический состав среднечетвертичных аллювиальных**

Осадок	Фракция, мм	Легкая фракция									
		кварц	полевые шпаты	мусковит	глаукозит	кальцит, доломит	агрегаты	циркон	турмалин	рутил	эпидот, цоизит
<b>Ш к л о в</b>											
<i>Оршанский</i>											
Песок	0,25—0,1	88,4	10,7	0,2	—	—	—	—	2,4	—	4,4
	0,1—0,075	91,2	7,5	0,5	0,3	—	—	0,4	2,3	—	5,4
	0,075—0,01	82,5	13,6	2,3	0,3	—	—	10,8	1,6	4,3	9,7
<i>Речицкий</i>											
Песок	0,25—0,1	94,2	3,4	0,7	0,4	0,6	0,6	2,1	2,4	0,4	4,8
<b>А л е к с а н</b>											
<i>Оршанский</i>											
Песок крупнозернистый	0,25—0,1	71,0	0,5	—	—	24,0	—	—	0,2	—	0,1
	0,1—0,075	36,2	1,9	—	—	56,1	—	1,2	0,6	0,1	0,3
	0,075—0,01	1,9	0,8	—	0,3	92,8	—	3,2	—	0,7	1,0
Песок тонкозернистый	0,25—0,1	70,8	3,8	—	—	19,0	—	0,2	0,8	—	0,6
	0,1—0,075	44,0	3,3	0,3	—	45,4	0,5	2,3	0,1	0,1	0,9
	0,075—0,01	1,7	3,1	1,2	—	90,2	—	3,2	0,2	2,6	5,2
Песок среднезернистый	0,25—0,1	65,5	25,0	0,7	0,2	—	—	11,0	1,1	0,9	3,9
	0,1—0,075	77,1	7,6	0,6	0,2	—	0,2	2,5	0,9	0,5	1,8
	0,075—0,01	89,3	8,5	0,2	0,2	—	1,2	0,1	0,8	—	0,8
<i>Могилевский</i>											
Песок*	0,25—0,1	88,9	—,2	0,2	0,4	2,9	0,2	0,9	1,9	0,5	3,9
	0,1—0,01	67,5	17,5	—	—	15,0	—	—	—	—	—
Супесь*	0,25—0,1	89,4	6,5	0,2	0,2	3,5	0,2	2,8	1,2	0,4	5,8
	0,1—0,01	80,0	10,0	—	—	10,1	—	—	—	—	—
Песок	0,25—0,1	88,4	6,9	0,4	0,3	3,1	—	4,2	1,4	0,3	4,0
	0,1—0,01	73,8	8,5	1,1	0,6	14,8	—	8,3	1,0	1,2	7,0
Супесь	0,25—0,1	82,9	7,7	1,1	0,8	5,6	—	1,5	1,2	1,0	3,0
	0,1—0,01	63,6	12,2	3,0	1,4	18,0	—	11,8	1,6	2,5	4,0

\* Озерно-аллювиальные.

По данным спектрального каротажа обнажения д. Бронное (рис. 6), во-первых, горизонты, соответствующие периоду потепления александрийского времени (пачки IV—VI), выделяются повышенными концентрациями титана, марганца, хрома, никеля, ванадия и несколько пониженными — цирко-

## отложений Белорусского Поднепровья, %

## Тяжелая фракция

гранаты	роговая обманка	доломит	дистен	силлиманит	старолит	андалузит	пироксены	биотит	апатит	фосфаты	ильменит	лейкоксен	окислы железа	пирит
---------	-----------------	---------	--------	------------	----------	-----------	-----------	--------	--------	---------	----------	-----------	---------------	-------

## ские

## участок

4,2	28,3	0,2	0,4	0,2	1,6	0,5	0,4	0,5	0,5	1,6	3,1	0,9	50,0	—
3,2	25,6	1,1	0,7	—	1,9	—	0,5	0,5	0,5	3,9	5,2	3,0	43,8	—
7,1	16,2	—	0,4	—	1,6	0,2	0,2	1,3	1,8	0,6	31,2	4,1	8,9	—

## участок

23,7	14,6	0,4	1,7	0,7	4,8	0,9	0,1	0,5	0,3	1,0	20,5	12,2	5,3	2,1
------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	-----	-----

## дриньские

## участок

26,6	10,6	43,4	—	—	0,1	—	0,1	2,0	0,7	8,5	7,3	—	0,2	—
30,9	20,6	19,7	—	—	—	—	—	0,3	6,6	9,6	6,9	—	3,2	—
47,3	7,6	3,0	0,1	—	0,1	—	—	0,3	13,4	—	20,8	0,5	1,2	—
31,0	29,4	0,6	—	—	0,2	0,2	0,4	7,2	1,6	12,8	10,2	2,2	2,6	—
15,3	43,8	1,1	—	0,3	0,6	—	0,7	10,8	3,0	7,3	10,8	2,2	0,7	—
16,5	29,5	1,3	—	0,2	1,7	—	2,4	1,1	2,1	1,3	27,2	1,7	3,2	0,2
12,1	30,0	—	0,2	—	0,2	—	0,7	0,9	3,0	0,4	18,0	2,4	5,6	—
23,2	36,8	—	0,2	0,1	1,0	—	0,1	3,5	2,1	7,2	12,5	2,6	4,9	—
29,2	32,5	0,1	0,1	—	0,4	—	—	5,0	0,4	8,2	10,3	3,4	1,8	—

## участок

20,4	35,7	0,4	0,3	0,1	5,3	0,1	2,6	1,0	0,7	2,3	17,7	2,5	2,0	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10,2	33,6	9,6	0,2	—	1,4	—	2,4	—	2,2	10,0	11,0	1,2	1,4	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24,6	25,6	—	0,3	—	2,3	—	2,0	3,5	0,8	6,9	11,5	4,6	4,7	—
11,9	22,8	—	0,5	—	2,1	—	1,4	2,0	1,5	1,6	21,1	3,3	5,3	—
21,7	12,5	—	0,8	0,2	5,0	—	1,3	0,6	0,5	6,0	22,5	7,8	1,8	—
6,5	20,3	—	1,0	0,6	2,5	—	1,9	2,4	1,0	1,7	21,8	5,8	1,2	—

ния, что связано с рассеянным органическим веществом. О последнем свидетельствуют также данные содержания рассеянного органического вещества и связанных с ним микроэлементов (стр. 184, 202). Они характеризуются также более высокими значениями отношений  $Ti:Zr$  и  $Mn:Ni$ .

### Химический состав среднетчетвертичных

Фация	Осадок	Кол-во проб	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO
<b>Ш к л о в</b>						
<i>Нормально-</i>						
Старичная	песок	2	82,56—87,37	0,63—1,12	7,38—8,23	0,52
			84,96	0,87	2,81	
	супесь	2	62,92—85,43	1,31—3,43	7,82—17,66	0,50—1,04
			74,17	2,37	12,74	0,77
глина	6	73,08—81,92	1,10—3,24	8,74—14,67	0,51—0,64	
		76,89	2,42	12,02	0,58	
торф	3	15,51—33,64	0,82—1,13	4,77—7,25	1,95—2,17	
		27,05	0,93	5,99	2,06	
Пойменная	глина	1	83,17	1,91	8,71	0,48
Русловая	песок	5	82,70—93,52	0,30—1,68	2,90—5,86	0,22—3,56
			88,78	0,86	4,31	1,01
<i>Перигля</i>						
Половодная	песок	1	94,38	0,54	2,67	0,20
<b>А л е к с а н</b>						
<i>Нормально-</i>						
Старичная	мергель	1	13,56	0,79	0,38	41,72
Пойменная	супесь	1	84,76	0,80	5,35	0,92
Русловая	песок	6	69,08—94,07	0,60—1,09	2,73—5,10	0,35—9,54
			85,68	0,81	4,09	2,69

Отложения относительно холодного периода осадконакопления (I, II и VIII пачки) имеют низкие концентрации микроэлементов, исключая цирконий. Повышенные концентрации титана и марганца в перигляциальном аллювии VIII пачки связаны с наложенными почвенными процессами. Во-вторых, базальные горизонты аллювия характеризуются повышенными концентрациями микроэлементов.

Закономерности распределения микроэлементов в шкловском аллювии могут быть охарактеризованы следующим образом. В разрезе д. Бронное (рис. 7) четко выделяются

## аллювиальных отложений Поднепровья, %

MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	п.п.п.
0,25—0,56	2,19—2,25	0,34—1,0	0—0,18	—	1,29—2,68
0,41	2,22	0,67	0,09	—	1,99
0,12—1,19	2,13—2,26	0,39—0,85	0,35	—	1,26—9,06
0,65	2,19	0,62	—	—	5,16
0,47—0,82	1,75—2,72	0,34—0,86	0—0,08	—	2,61—5,33
0,69	2,11	0,60	—	—	4,06
0,54—0,73	0,62—0,73	0,13—0,18	1,02—1,50	—	54,36—73,90
0,61	0,68	0,16	1,19	—	61,29
0,55	1,92	0,64	—	—	2,23
0,14—1,61	1,33—2,38	0,35—0,97	0,02—0,55	0—3,74	0,20—4,68
0,45	1,66	0,71	0,19	0,93	1,41

ские

аллювиальные

циальные

0,36	0,84	0,33	—	—	0,56
------	------	------	---	---	------

дрийские

аллювиальные

2,82	0,13	0,19	0,75	34,02	39,55
1,01	2,51	1,09	0,76	—	2,75
0,22—3,53	0,3—2,11	0,07—1,24	0—0,55	0—7,76	0,24—9,07
1,26	1,36	0,71	0,28	1,83	2,91

два повышения концентраций титана, хрома и ванадия, совпадающие с фазами потепления (шкловская и рославльская) и соответствующими органогенными накоплениями. Они выделяются также несколько повышенными концентрациями Са, Mg и Al, а также высокими значениями отношения Ti : Zr. Осадки времени краснорборского похолодания, наоборот, характеризуются пониженными содержаниями микроэлементов, исключая цирконий. В обнажении Нижнинского Рва (рис. 8) максимальные концентрации микроэлементов также связаны с речными осадками климатического оптиму-

Содержание микроэлементов в среднечетвертичных аллювиальных отложениях  
бассейна Днепра,  $n \cdot 10^{-3}\%$

Фация	Осадок	Ti	Mn	Cr	Ni	V	Zr	Cr Ni	Mn Ni	Ti Zr	Zr Ni
<b>Шкловские</b>											
<i>Нормально-аллювиальные</i>											
Старичная	песок	98—150	13,3—13,8	1,8—4,8	0,7—2,7	4,7—10,5	35—40	2,7	15,9	2,7	33,6
		100	13,5	3,0	1,1	10	37				
	супесь	103—460	15,0—65,0	2,1—11,0	1,0—3,6	6,5—40,0	27,5—48	2,3	13,5	7,2	22,9
		280	23	3,9	1,7	12	39				
	глина	310—470	12,0—27,0	3,6—5,4	1,1—2,3	12,2—17,0	23—40	3,0	9,7	10,5	20,6
		390	17,5	5,4	1,8	15	37				
торфяно-гли- нистая масса	300—570	0—17,0	2,2—5,9	0,35—2,6	0—26,0	10,5—28,5	3,0	—	17,1	17,5	
	300	—	3,0	1,0	—	17,5					
Пойменная	песок	53—79	7,2—8,4	0,6—0,9	0,2—0,5	4,6—6,3	2,1—30	1,0	17,7	2,0	91,7
		54	8,3	0,8	0,3	5,4	27,5				
Русловая	галечник	38,0	20,5	1,0	0,3	2,3	9,0	3,6	73,2	4,2	32,1
		20—140	7,9—70,0	0,8—2,9	0—0,6	1,3—10,0	5,8—28				
	песок	50	14,5	1,3	0,2	2,5	12,5	6,5	72,5	4,0	62,5
<i>Перигляциальные</i>											
Русловая	песок	67—185	13,0—38,0	1,8—2,8	0,4—0,7	3,5—6,0	25—240	3,3	27,8	2,2	101
		120	15,0	1,8	0,5	5,3	55				

Александрийские

Нормально-аллювиальные

Старичная	песок	58—160	5,7—48,0	1,2—1,5	0,2—0,8	2,7—24,0	20—46	4,3	26,3	3,3	100
		100	7,9	1,3	0,3	3,8	30				
	супесь	100—325	9,0—41,0	1,4—5,8	0,5—1,3	2,9—29,0	4,9—47	3,1	15,5	4,6	33,6
		170	17,0	3,4	1,1	7,5	37				
глина	250—350	30—100	4,3—5,5	1,1—2,6	1,7—17,5	26—68	2,9	21,1	10,3	16,7	
	310	38	5,3	1,8	7,9	30					
Пойменная	песок	10,0	46,0	1,0	—	2,0	1,0	—	—	10,0	—
		36—110	10,5—58,0	0,7—2,5	0,3—0,5	3,0—3,8	21,5—28	3,3	100	5,7	58,3
супесь	100	30	1,0	0,3	3,0	17,5					
	157—210	13,5—47,0	1,8—2,8	0,4—0,6	2,6—8,0	25—47	3,6	10,0	4,5	76,0	
170	35,0	1,8	0,5	3,8	38						
Русловая	песок	5,6—270	5,5—87,0	0,5—44,0	0,1—50,0	1,2—7,0	6—60	4,6	53,6	3,3	42,9
		40	15	1,3	0,28	1,2	12				

Озерно-аллювиальные

Русловая	песок	26—34	8,0—8,5	0—1,2	0—0,2	0—1,2	22—27	—	83,0	1,2	250
		30	8,3	—	0,10	1,0	25				
	супесь	190	24	3,1	0,5	2,6	15	6,7	52,2	13	32,6
глина	105—230	15—80	3,7—4,6	0,4—0,5	3,3—4,4	47—80	8,0	52,0	3,5	110	
	190	26	4,0	0,5	3,8	55					



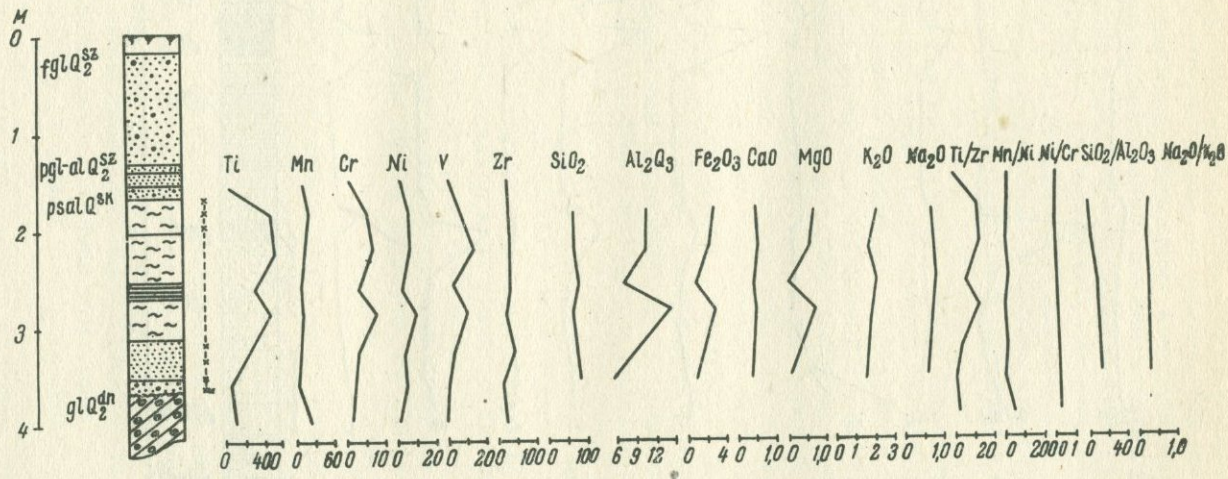


Рис. 7. Спектрокаротажная диаграмма разреза близ д. Бронное Речицкого района, обл. 71

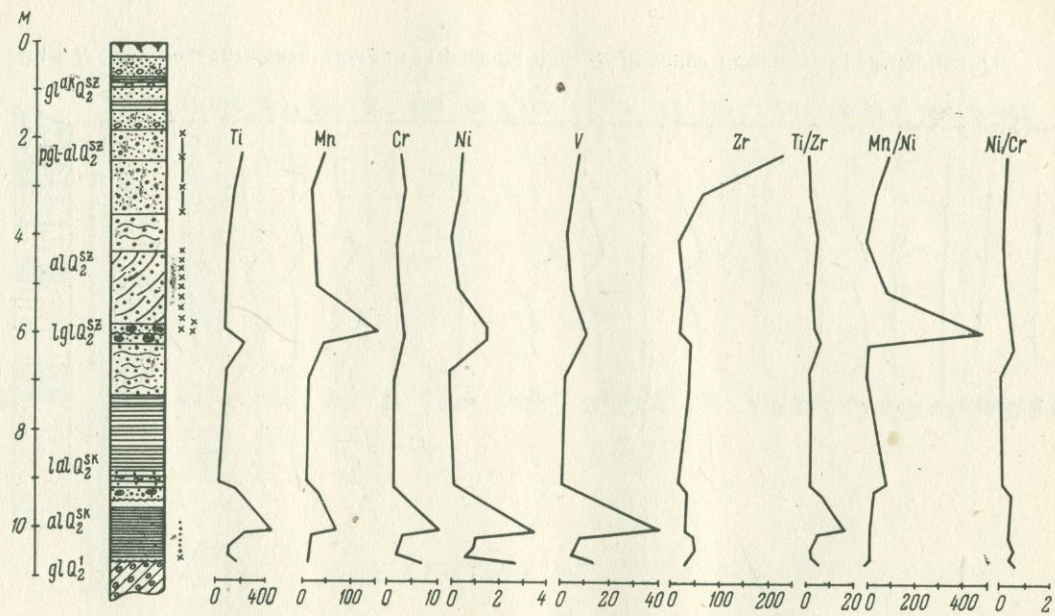


Рис. 8. Спектрокаротажная диаграмма разреза у г. Шклова

ма (интервал 9,5—10,2 м). Осадки холодных периодов характеризуются минимальными концентрациями микроэлементов, при этом перигляциальные озерно-аллювиальные отложения имеют концентрации элементов, близкие к озерно-ледниковым. Характерно повышение концентрации циркония в перигляциальных образованиях и в связи с этим уменьшение величин отношений  $Ti : Zr$ . Повышенные концентрации микроэлементов на границе аллювиальных и озерно-ледниковых осадков (глубина 6 м) связаны с базальным горизонтом, претерпевшим эпигенетическое ожелезнение, что отразилось на увеличении абсолютных концентраций марганца и его отношений к никелю.

Таким образом, в среднечетвертичном аллювиальном литогенезе по составу четко различаются александрийские и шкловские отложения. Первые формировались за счет размыва березинских моренных отложений, обогащенных обломками осадочных пород, а также отторженцами мела и песков мелового и известковистых глин юрского возраста; вторые — за счет морен, богатых обломками изверженных пород. Для аллювиального литогенеза александрийского времени характерны карбонатные аккумуляции в виде прослоев мергелей и повышенные содержания рассеянных карбонатов в осадках; для шкловского — два горизонта биогенных аккумуляций, свидетельствующих о фазах потепления.

Необходимо отметить четко выделяющиеся повышения концентраций микроэлементов (исключая цирконий) в осадках, связанных с теплыми фазами межледниковий; близость концентраций микроэлементов у перигляциального аллювия и озерно-ледниковых осадков и их резкие отличия от концентраций в речных осадках нормального типа.

Установленные закономерности позволяют на основании геохимических данных более уверенно выделять горизонты периодов потепления, судить о возрасте осадков, характеризовать особенности сред их формирования в случае отсутствия органогенных накоплений, что имеет важное значение для дальнейшего развития методов палеогеохимических и палеогеографических реконструкций.

**Верхнечетвертичные аллювиальные отложения.** Речные отложения муравинского климатического оптимума, как указывалось выше, представлены песками главным образом средне- и мелкозернистыми, супесями и глинами. Спецификой их является наличие биогенных аккумуляций — торфа различной степени разложения и сильно гумусированных глин, составляющих до 0,6% от общей мощности верхнечетвертичных речных осадков.

К сожалению, сведения о составе аллювия этого возраста немногочисленны (см. табл. 11, 16).

В распределении микроэлементов по разрезам муравинского аллювия отмечаются следующие особенности. Например, в обнажении Борхов Ров (рис. 9) максимальные содержания марганца и ванадия связаны с горизонтом гумусированных глин. Весьма велики вариации содержаний никеля по разрезу. Концентрации титана и циркония в целом увеличиваются вверх по разрезу. Что касается вариации отношений микроэлементов, то они с переходом к холодным осадкам вверх по разрезу (выше 3,5 м) становятся более устойчивыми, что вообще характерно для поведения элементов при переходе к перигляциальным условиям литогенеза. Отложения погребенной заторфовой поймы разреза д. Дорошевичи, сформировавшиеся при максимуме потепления, характеризуется содержаниями ( $n \cdot 10^{-3}\%$ ): Ti 20—80, Mn 8—20, Zr 8—10, V 1—2, La 6—7, Ga до 0,1. Залегающие выше речные осадки перигляциальных условий имеют, как правило, более низкие их концентрации.

Перигляциальные отложения II надпойменной террасы. В литологическом отношении речные осадки террасы сложены (% от общей мощности, по данным 70 скважин) песками — 89,3, супесями — 6,8, суглинками — 0,4, глинами — 1,2 и галечным материалом — 0,2. Среди песков наиболее распространены мелкозернистые разности (50,7). Широко распространены озерно-аллювиальные глины и суглинки и лессы.

Гранулометрический спектр аллювиальных отложений характеризуется следующими содержаниями фракций (%): крупнее 3 мм — 0,0—40,7 (среднее по 115 пробам 1,2); 3—2 мм — 0—11,1 (0,3); 2—1 мм — 0—12,9 (0,6); 1—0,5 мм — 0,02—24,3 (4,4); 0,5—0,25 мм — 0,2—79,1 (13,7); 0,25—0,1 мм — 0,4—58,4 (28,5); 0,1—0,01 мм — 0,9—78,6 (43,4) и менее 0,01 мм — 0—60,4 (7,7). Величина  $Md$  колеблется от 0,03 до 0,42 (0,14 мм), а  $S_0$  — 1,22—2,68 (1,78). У лессов преобладающими фракциями являются 0,075—0,01 (68,86) и 0,01—0,005 мм (11,8%).

В зависимости от палеогеографических сред и фациальных условий, а также типа аллювия механический состав осадков испытывает значительные изменения (табл. 11). Зона полесья характеризуется формированием более мелкозернистого и однородного песчаного материала; валуны и гравий имеют локальное распространение и не являются типичными. Аллювий приледниковой зоны, наоборот, выделяется большими колебаниями механического состава осадков, здесь широко распространены валунно-галечный материал. Состав осадков определяется также составом размываемых пород и дифференциацией вещества при речном переносе (табл. 12).

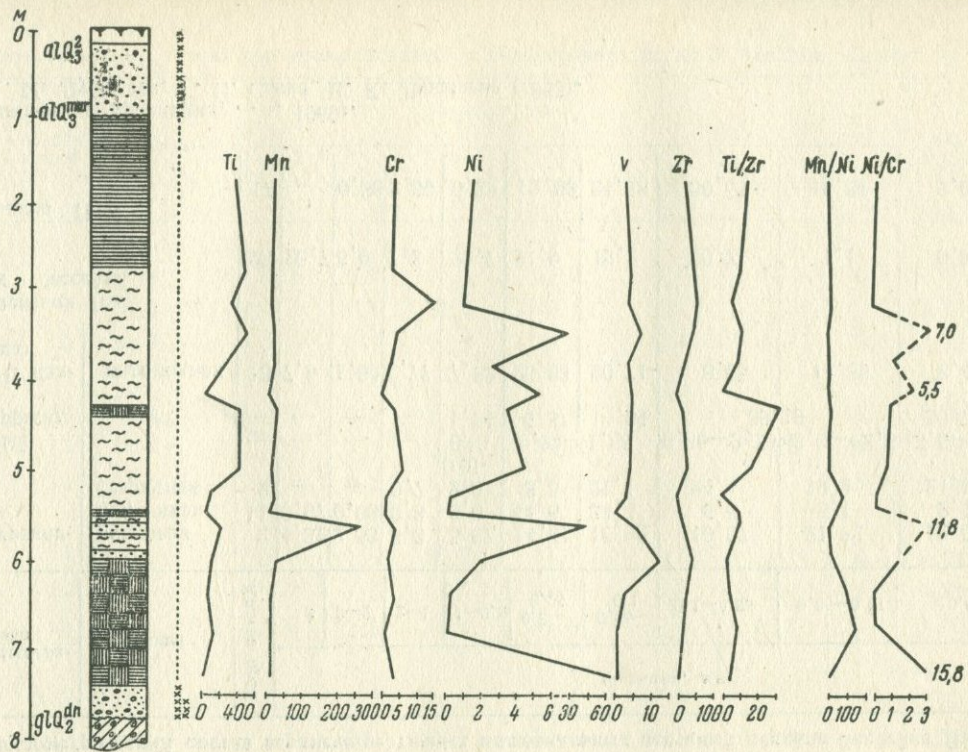


Рис. 9. Спектрокаротажная диаграмма разреза близ д. Борхов Речицкого района

Таблица 11

Средний гранулометрический состав верхнечетвертичных аллювиальных песчаных осадков бассейна Днепра, %

Тип аллювия и палеогеографическая обстановка	Фация	Кол-во проб	Фракция, мм								M <sub>d</sub> , мм	S <sub>0</sub>	
			>3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01			<0,01
Нормальный (муравинский)	русовая пойменная старичная	2	4,32	2,53	6,3	5,37	14,61	16,92	10,07	21,72	12,04	0,24	—
		11	0,07	0,03	0,8	6,0	44,6	34,4	6,6	5,1	2,1	0,20	1,69
		2	—	—	0,7	2,0	8,5	21,1	24,4	19,2	24,1	—	—
Озерно-аллювиальный (II надпойменная терраса)	*	—	—	—	0,13	0,24	1,53	0,36	3,73	43,0	82,6	15,6	53,1
	**	—	—	—	1,74	4,37	14,64	39,19	—	—	—	0,01	4,83
Перигляциальный (II надпойменная терраса)	половодная	13	7,9	1,64	4,77	7,82	25,03	20,71	8,65	14,38	8,44	0,21	1,98
Краевая зона оледенения (северный участок бассейна Днепра)		23	26,7	6,0	7,8	22,7	21,9	12,2	0,7	1,1	0,8	0,42	1,99
Зона полей (долина Припяти)		17	—	0,36	2,30	6,29	12,03	24,58	30,55	10,84	3,04	0,29	1,71

\* Лессы («Геохимические провинции...», 1969).

\*\* По данным К. И. Лукашева, Г. И. Сачка, В. К. Лукашева (1965).

Гранулометрический состав верхнечетвертичного и голоценового аллювия бассейна Днепра, %

Участок	Возраст	Кол-во проб	Фракция, мм									Md, мм	S <sub>0</sub>	S <sub>K</sub>
			>3,0	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,01	<0,01			
Северный	Q <sub>4</sub>	46	6,4	1,6	2,8	9,3	12,3	18,9	11,6	26,4	10,5	0,47	2,07	0,95
	Q <sub>3/2</sub>	4	6,5	2,5	5,1	19,4	19,3	40,1	3,1	2,6	1,5	0,36	1,64	0,80
	Q <sub>3</sub>	3	26,7	6,0	7,8	22,7	21,9	12,2	0,7	1,1	0,8	0,42	1,99	2,15
Центральный	Q <sub>4</sub>	10	5,4	0,8	1,7	10,2	21,1	17,0	17,4	16,6	11,9	0,19	1,80	0,89
	Q <sub>3/2</sub>	15	6,9	1,8	4,8	17,2	22,9	20,0	4,8	8,8	11,9	0,32	2,12	0,84
	Q <sub>3</sub>	10	3,0	1,0	1,0	9,7	32,1	19,2	24,9		8,8	0,28	1,83	0,92
Южный	Q <sub>4</sub>	19	1,0	0,3	1,9	11,6	33,7	37,7	6,1	4,1	3,7	0,28	1,58	0,94
	Q <sub>3/2</sub>	40	0,3	0,4	1,3	7,3	33,5	42,9	8,9	2,9	2,7	0,26	1,53	0,95
	Q <sub>3</sub>	19	0,2	0,2	0,5	2,5	14,0	41,8	13,5	14,9	12,1	0,16	1,83	0,88
Бассейн Днепра	Q <sub>4</sub>	143	2,3	1,0	1,7	8,5	20,8	23,1	20,8	14,4	7,4	0,20	1,72	0,93
	Q <sub>3/2</sub>	139	2,5	1,3	1,7	9,5	22,0	30,7	21,3	7,6	3,8	0,22	1,68	0,97
	Q <sub>3</sub>	115	1,2	0,3	0,6	4,4	13,7	28,5	43,4		7,7	0,14	1,78	0,96

Гравийно-галечный материал верхнечетвертичных речных отложений представлен обломками пород магматического, метаморфического и осадочного комплексов. В песчаном заполнителе преобладают кварц (до 80%) и полевые шпаты (до 20%). К пространственным особенностям состава гравийно-галечного материала на территории бассейна относятся увеличение содержания кварца и уменьшение карбонатов к югу, при этом доля доломитов среди карбонатных обломков снижается в южном и юго-западном направлении.

В составе аллювиальных песков рассматриваемой террасы по данным 69 проб преобладает кварц, менее распространены полевые шпаты, слюды и карбонаты. Южные участки бассейна (Добрушский, Кричевский) выделяются пониженными содержаниями кальцита и слюды и повышенными кварца (табл. 13).

Используя кратность выхода тяжелой фракции как критерий фациальной обстановки (по О. В. Суздальскому, 1969), из табл. 14 можно заключить, что отложение перигляциальных песков в бассейне Днепра происходило в условиях быстрых и мощных потоков, супесей — в водоемах, сходных с озерно-ледниковыми. По З. А. Горелику, Э. Д. Мишаговой, Э. А. Левкову (1961) выход тяжелых минералов из фракции 0,25—0,05 мм для древнеаллювиальных песков Днепра составляет 0,2—0,8% (кратность 4), Березины — 0,2—0,4 (2), Сожа — 0,5—0,6 (1,2) и Припяти — 0,2—1,0% (5), что свидетельствует о больших различиях режимов потоков и фациальных условий накопления осадков на территории бассейна в целом.

Ассоциация тяжелых минералов аллювия II надпойменной террасы может быть охарактеризована как эпидот-лейкоксен-ильменит-амфибол-гранатовая. Аналогичные данные отмечены В. М. Мотузом (1969). Из табл. 13, 14 видно, что основные закономерности распределения минералов заключаются: 1) в увеличении содержания циркона, рутила, апатита, ильменита, менее четко — дистена, эпидота и в уменьшении — турмалина, ставролита, роговой обманки, пироксенов с уменьшением размерности фракций в пределах одного литологического типа осадков; 2) в пределах одного литологического типа осадков и одной и той же фракции (0,25—0,1 мм) в суглинках перигляциального аллювия содержится меньше турмалина, рутила, граната, дистена, силлиманита, ставролита и больше роговой обманки и эпидота по сравнению с нормальным аллювием; 3) вниз по Днепру в песчаных осадках прослеживается уменьшение содержания карбонатов, полевых шпатов, роговой обманки, пироксена, апатита, биотита, турмалина и увеличение силлиманита, лейкоксена, фосфатов и гранатов.

Минералогический состав аллювиальных отложений II надпойменной террасы бассейна Днепра, %

Т а б л и ц а 13

Река, участок	Порода	Фракция, мм	Легкая фракция				Тяжелая фракция						
			кварц	полевые шпаты	мусковит	глаукогит	кальцит	циркон	турмалин	рутил	эпидот, цоизит	гранаты	роговая обманка
Днепр Орша	песок*	0,25—0,1	92,9	8,8	—	0,1	—	0,3	1,8	0,2	8,0	21,9	41,5
		0,1—0,075	90,1	8,7	0,2	—	0,1	1,4	0,8	0,8	5,5	26,1	36,5
		0,075—0,01	80,3	16,4	0,5	0,2	—	10,7	0,6	3,5	4,4	8,5	28,2
Могилев	песок	0,25—0,1	89,0	8,3	0,4	—	1,0	2,9	2,8	0,7	5,3	19,7	27,8
		0,1—0,01	81,7	8,8	2,2	0,5	6,7	7,6	2,3	2,5	6,5	11,3	20,4
	глина	0,25—0,1	85,4	10,6	0,2	—	3,0	2,3	2,1	0,3	7,5	14,4	34,6
		0,1—0,01	88,4	4,6	4,0	—	2,0	7,4	1,8	3,0	5,8	17,2	9,5
		суглинок*	0,25—0,1	86,8	9,6	1,1	0,3	1,9	0,8	1,6	0,8	8,8	10,2
глина* лессы**	0,25—0,1	94,5	5,2	—	—	—	2,9	3,6	0,4	7,5	30,0	23,5	
	0,075—0,01	76,5	18,5	—	—	—	5,7	—	10,5	12,4	10,0	20,9	
Жлобин	песок	0,25—0,1	87,3	10,0	0,5	—	0,5	1,6	1,8	0,4	4,7	33,1	25,2
		0,1—0,01	74,2	14,6	9,3	1,3	0,4	12,6	1,5	2,8	5,2	10,1	30,3
	супесь	0,25—0,1	93,8	4,6	0,3	—	0,7	1,4	2,9	2,4	4,2	17,2	15,0
Речица	песок супесь суглинок	0,25—0,1	92,5	5,5	0,2	—	—	2,9	2,4	0,2	6,6	24,6	25,2
			91,9	6,6	0,4	0,1	0,3	1,0	4,9	0,5	6,8	32,5	25,3
			90,2	8,5	0,5	—	0,3	2,0	3,3	1,0	5,0	18,4	29,6
Полесье	глина***	0,25—0,1	81,0—82,5	7,0—16,1	—	—	—	1,0—3,3	3,1—5,0	0,5—1,6	6,6—7,7	28,2—32,8	22,5—23,6
		0,1—0,075	75—85	10,3—12,5	—	0—1,2	—	1,4—6,7	2,2—4,1	2,6—2,8	6,5—7,5	9,4—19,8	27,7—33,9
		0,075—0,01	63,8—80,5	14,8—19,2	—	—	0—17,8	7,7—17,7	0,7—1,4	2,4—9,4	6,8—22,5	13,1—16,8	9,9—15,6
Сож Кричев	песок	0,25—0,1	88,7	8,5	0,6	0,1	1,2	1,5	2,9	0,4	5,7	23,8	26,7
		0,1—0,01	83,3	14,6	0,8	0,4	0,3	4,8	1,7	0,2	12,5	15,1	33,0
Добруш	песок	0,25—0,1	98,1	1,3	—	—	—	3,1	4,5	3,5	2,0	1,9	9,5

Река, участок	Порода	Фракция, мм	Тяжелая фракция												
			дистен	силлиманит	ставролит	андалузит	пироксены	биотит	апатит	фосфаты	ильменит	лейкоксен	окислы железа	пирит, марказит	
Днепр Орша	песок*	0,25—0,1	0,1	0,1	2,1	0,2	0,3	1,5	0,3	0,8	6,4	2,5	11,8	—	
		0,1—0,075	0,2	0,1	1,3	0,1	0,3	0,4	0,5	0,4	15,2	2,5	6,9	0,1	
		0,075—0,01	0,1	0,1	1,2	—	0,7	2,1	1,2	0,1	27,5	2,5	6,7	—	
Могилев	песок	0,25—0,1	0,6	0,1	4,9	—	1,8	2,0	0,9	2,2	14,3	4,2	3,2	—	
		0,1—0,01	1,3	—	2,1	—	2,2	1,3	2,6	1,0	19,0	3,8	6,2	—	
	глина	0,25—0,1	0,9	0,1	7,5	—	1,1	0,3	0,7	0,1	25,0	1,5	—	—	
		0,1—0,01	1,1	0,2	3,0	—	0,9	1,2	1,8	1,1	33,2	4,1	—	—	
		суглинок*	0,25—0,1	0,8	0,2	3,2	—	1,6	—	0,8	—	10,4	3,2	15,2	0,8
глина*	0,25—0,1	—	—	1,3	—	2,1	—	—	—	—	14,0	6,2	6,9	0,4	
	0,075—0,01	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20,1	5,3	—	—	
Жлобин	песок	0,25—0,1	0,4	0,3	3,0	0,3	0,6	0,6	0,5	2,6	13,7	5,7	3,9	—	
		0,1—0,01	0,5	0,7	2,4	—	0,4	1,0	1,1	0,1	17,6	3,3	—	—	
Речица	супесь	0,25—0,1	4,4	9,3	5,8	—	0,4	0,2	0,7	2,5	10,4	20,3	—	—	
		песок	0,25—0,1	0,7	1,5	4,1	0,2	1,4	—	0,3	—	18,3	7,7	0,2	—
			супесь	0,7	0,2	4,5	0,4	0,5	0,2	0,1	1,2	12,8	2,3	3,8	—
Полесье	суглинок	0,25—0,1	1,2	1,0	5,2	0,8	—	1,0	—	—	—	—	—	1,0	
		глина***	0,25—0,1	0,5—1,6	0—0,9	1,6—6,1	0,5—1,1	0—1,5	0—0,4	0—1,6	0—4,9	8,2—14,1	5,9—8,2	1,4—3,3	—
			0,1—0,075	0,2—1,4	—	1,4—2,6	0—0,3	0,9—1,4	0,4—1,4	0—0,9	0—1,4	15,8—18,3	5,4—6,9	1,1—6,8	—
Сож	Кричев	0,075—0,01	0,3—0,7	0—0,3	0,6—1,7	—	0,3—1,0	0—0,9	0—0,7	0,3—0,7	7,7—30,6	3,7—4,0	0,8—3,4	0—1,0	
		песок	0,25—0,1	0,3	0,2	3,1	0,4	2,2	0,9	0,4	6,2	10,8	7,7	—	0,3
			0,1—0,01	0,3	0,1	0,7	—	2,0	0,7	—	—	19,6	3,2	—	0,1
Добруш	песок	0,25—0,1	5,5	2,9	15,5	—	3,6	1,8	0,6	0,8	2,0	39,6	1,3	—	

\* Перигляциальный.

\*\* По данным «Геохимические провинции . . .» (1969).

\*\*\* Озерно-аллювиальная.

Величина (числитель) и кратность изменения (знаменатель) выхода тяжелых минералов из речных отложений II надпойменной террасы Днепра, %

Аллювий	Фация	Осадок	Фракция, мм		
			0,25—0,1	0,1—0,075	0,075—0,01
Перигляциальный	половодная	песок	0,04—0,52 13	0,28—2,44 8,7	0,42—3,69 8,7
	размыва	песок и гравий	1,52—3,11 2,0	0,39—3,11 7,9	0,07—6,06 86,5
Нормальный	пойменная	супесь	0,22—0,44 2,0	0,49—1,96 1,9	0,57—1,29 2,2
		песок	0,99 —	2,70 —	0,41 —
Озерно-аллювиальный	старичная	супесь	0,61 —	1,14 —	0,42 —
		супесь	0,20 —	0,29 —	0,07 —

Террасы Сожа имеют минимальные содержания циркона, рутила, дистена, силлиманита, ставролита, биотита, апатита и максимальные — эпидота, роговой обманки и лейкоксена.

Ассоциации глинистых минералов в различных частях бассейна неодинаковы: для Поднепровья — это гидрослюдисто-монтмориллонитовая с примесью каолинита, для Полесья — гидрослюдистая с примесью монтмориллонита. В бассейне Сожа глины и суглинки характеризуются монтмориллонит-каолинитовой ассоциацией, местами переходящей в монтмориллонитовую. В целом глины бассейна Днепра среди глин других территорий БССР выделяются незначительностью примеси каолинита. У лессов Мстиславля преобладает гидрослюда типа иллита с несколько заниженным содержанием калия и повышенным железа.

Характерным гипергенным минералом, особенно лессов, являются карбонаты, преобладающие главным образом во фракциях 0,075—0,01 мм (6,47% CaO). Во фракции 0,01—0,005 и менее 0,001 мм они незначительны (соответственно 2,6 и 1,7%).

Химический состав аллювия II надпойменной террасы Днепра и Припяти имеет близкие значения (табл. 15), однако у Припяти осадки выделяются относительно повышенным содержанием кремнезема и пониженным — глинозема, щелочных и щелочноземельных элементов.

## Химический состав верхнечетвертичных

Возраст	Осадок	Кол-во проб	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO
<i>Днепр</i>						
Q <sub>3</sub> <sup>2</sup> (I надпойменная терраса)	Песок	62	83,54—96,43	0—2,56	0—7,78	0—1,16
			90,42	0,71	3,22	0,54
	Супесь	10	73,57—89,88	0,21—2,85	4,44—7,42	0,14—0,69
			83,92	1,62	6,02	0,51
Суглинок	2	80,8—82,19	1,62—1,68	7,57—9,11	0,12—0,50	
		81,49	1,65	8,34	0,31	
Торф	1	50,13	2,11	3,67	0,93	
Q <sub>3</sub> <sup>1</sup> (II надпойменная терраса)	Песок	10	86,6—97,82	0—3,18	0—7,0	0—1,38
			92,71	0,86	2,98	0,43
	Супесь	12	81,91—83,56	0,57—2,9	8,67—8,99	0,52—0,72
			82,74	1,73	8,83	0,62
	Глина	3	76,4—78,97	0,95—2,85	7,41—11,31	0,69—1,30
		77,54	2,09	9,75	0,77	
Лессы Илы	1	81,90	2,84	8,08	5,42	
	1	69,65	2,82	12,62	0,35	
Q <sub>3</sub> <sup>тип</sup>	Торф	2	1,79—5,22	0,74—1,16	0,92—1,53	1,43—1,52
			3,55	0,95	1,22	1,47
	Гумусированная глина Алеврит	1	70,56	1,04	6,77	0,56
1		81,69	1,79	10,72	0,39	
<i>Припять</i>						
Q <sub>3</sub> <sup>2</sup> (I надпойменная терраса)	Песок	25	90,97—98,75	0,17—2,27	0,18—5,61	0,02—0,56
			94,95	0,73	2,02	0,34
	Супесь	17	68,64—86,28	1,25—3,09	4,58—8,62	0,22—9,00
			79,25	2,15	6,75	0,77
Суглинок	5	57,65—89,88	1,62—8,63	4,83—7,53	0,37—14,28	
		78,36	3,70	5,75	2,10	
Глина	4	59,02—82,3	2,83—10,38	6,88—14,61	1,01—9,79	
		73,77	4,90	10,99	1,92	
Q <sub>3</sub> <sup>1</sup> (II надпойменная терраса)	Супесь	2	85,84—92,56	1,01—5,23	2,91—4,74	0,77—1,64
			89,20	3,12	3,84	1,20
	Суглинок	3	70,14—82,53	1,69—2,05	2,96—9,12	0,50—8,1
		79,78	1,89	5,62	3,20	
Глина	1	75,16	3,10	9,95	2,10	
Q <sub>3</sub> <sup>тип</sup>	Песок	23	91,71—96,32	0,58—1,29	1,60—4,01	0,01—0,42
			93,93	0,81	2,93	0,15
	Торф	1	26,22	5,09	5,02	0,98

Особенностями аллювия, формирующегося в перигляциальных условиях, являются несколько пониженные содержания Si и повышенные Fe, Ca, Mg, Na, что видно при сравнении его осадков со сходными по литологии отложениями нормального аллювия, образовавшимися в теплый

аллювиальных осадков Днепра и Припяти, %

MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	п. п. п.
<i>Днепр</i>					
$\frac{0-2,32}{0,31}$	$\frac{0,58-2,72}{1,06}$	$\frac{0-1,64}{0,43}$	$\frac{0-0,72}{0,11}$	$\frac{0-3,0}{0,35}$	$\frac{0-5,4}{2,24}$
$\frac{0,2-1,36}{0,52}$	$\frac{0,92-2,41}{1,63}$	$\frac{0,43-0,84}{0,6}$	$\frac{0-0,5}{0,17}$	$\frac{0-1,39}{0,41}$	$\frac{0,88-1,3}{4,17}$
$\frac{0,54-1,11}{0,83}$	$\frac{2,32-2,88}{2,56}$	$\frac{0,76-1,00}{0,88}$	$\frac{0,07-0,15}{0,11}$	$\frac{0-0,18}{-}$	$\frac{0,3-3,22}{3,11}$
0,12	0,77	0,27	0,08	не опр.	41,62
$\frac{0-0,29}{0,11}$	$\frac{0-2,25}{1,21}$	$\frac{0-1,12}{0,39}$	-	$\frac{0-0,73}{0,16}$	$\frac{0-0,49}{0,23}$
$\frac{0,54-0,62}{0,58}$	$\frac{1,53-2,0}{1,77}$	0,66	-	$\frac{0-0,28}{0,14}$	$\frac{1,57-2,91}{2,24}$
$\frac{0,63-1,0}{0,87}$	$\frac{2,04-2,12}{2,09}$	$\frac{0,65-0,74}{0,69}$	$\frac{0,11-0,58}{0,24}$	не опр.	$\frac{3,63-6,82}{4,96}$
$\frac{1,61}{0,76}$	$\frac{1,83}{1,76}$	$\frac{1,00}{0,51}$	$\frac{0,16}{0,64}$	0,23-5,30	$\frac{1,09}{20,26}$
$\frac{0,10-0,19}{0,14}$	$\frac{0,14-0,32}{0,23}$	$\frac{0,05-0,16}{0,10}$	$\frac{0,74-0,96}{0,85}$	не опр.	$\frac{81,68-88,89}{85,25}$
$\frac{0,61}{0,57}$	$\frac{1,67}{2,07}$	$\frac{0,53}{0,65}$	$\frac{0,04}{сл.}$	»	$\frac{17,42}{1,04}$
<i>Припять</i>					
не обн. -0,65	$\frac{0,15-0,97}{0,61}$	$\frac{0,06-0,41}{0,25}$	$\frac{0-0,51}{0,13}$	»	$\frac{0,11-4,14}{1,21}$
$\frac{0,17-2,17}{0,30}$	$\frac{0,72-1,41}{1,21}$	$\frac{0,31-0,68}{0,59}$	$\frac{0-0,19}{0,06}$	»	$\frac{2,38-9,40}{6,06}$
$\frac{0,20-1,35}{0,62}$	-	-	-	»	$\frac{1,03-13,2}{4,67}$
$\frac{0,20-2,99}{1,22}$	-	-	$\frac{0,26-0,50}{0,37}$	»	$\frac{2,62-12,50}{6,40}$
$\frac{0,01-0,05}{0,02}$	$\frac{0,12-1,39}{0,75}$	$\frac{0-4,42}{-}$	-	»	-
$\frac{0-1,40}{0,51}$	$\frac{1,26-1,78}{1,52}$	$\frac{2,34-4,66}{3,29}$	-	»	$\frac{1,20-7,94}{3,51}$
1,00	2,49	2,39	не обн.	»	3,20
$\frac{0,01-0,7}{0,10}$	$\frac{0,69-1,28}{1,07}$	$\frac{0,15-0,37}{0,25}$	$\frac{0-0,01}{-}$	$\frac{0-0,15}{-}$	-
0,50	0,45	0,20	3,83	-	57,22

период начала верхнечетвертичного времени (см. табл. 43).

По Л. И. Матвеевой (1969), озерно-аллювиальные глины и суглинки данной террасы Днепра характеризуются следующими содержаниями (%): Si—34,26, Al—5,5, Fe—4,8, Ca—1,99, Mg—0,89, при этом по сравнению с другими бассейна-

ми рек Белоруссии они отличаются пониженной карбонатностью (минимальными содержаниями Са), повышенными содержаниями Si, Fe и пониженными остальных элементов. Характерно, что эти осадки в бассейне Припяти характеризуются в целом большой однородностью распределения Si, Al, Fe, Mg; однако в восточном Полесье они выделяются минимальными содержаниями Са (0,3—2,3% СаО) по сравнению с западной его частью (0,8—8,0%).

Распределение микроэлементов в речных отложениях II надпойменной террасы определяется литолого-фациальными особенностями, типом аллювия и другими факторами (табл. 16). Озерно-аллювиальные глины террас Днепра и Припяти характеризуются в среднем концентрациями ( $n \cdot 10^{-3}$ ) соответственно: Ti — 290 и 500, Mn — 19 и 20, Cr — 3 и 9, V — 3 и 10, Zr — 20 и 40.

Сравнение содержаний микроэлементов в перигляциальных и нормальных (старичные) аллювиальных глинах показывает, что последние обогащены Ti, Cr, Mn, Ni, V, обеднены Zr и резко различаются по величинам соотношений микроэлементов, особенно Zr: Ni.

Для разреза д. Ржавцы (рис. 10) максимальные концентрации микроэлементов связаны с нижней частью разреза, к которой приурочены старичные образования теплого периода осадконакопления. Верхняя часть, представленная перигляциальными осадками, выделяется пониженными содержаниями микроэлементов и небольшим разбросом величин их отношений. Характерно, что концентрации марганца и никеля отбивают базальные горизонты на границах между отдельными аллювиальными пачками. Близкие закономерности вскрыты для разреза д. Грабово (рис. 11).

Состав аллювиальных лессов района Мстиславля показан в табл. 17. По составу к ним близки лессы г. Горки и дд. Озерцы и Телентьево. Однако («Геохимические провинции...», 1969) имеются и различия: 1) коэффициентов  $K_i$  ( $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$ ): 8,5 у лессов Телентьево; 9,8 — Мстиславля и Озерцы и 11,1 — Горки; 2)  $ba = \frac{(\text{CaO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})}{\text{Al}_2\text{O}_3} : 0,4$  — у озерецких, 0,6 — телентьевских и 0,9 — у мстиславльских; 3) максимальная обогащенность карбонатами отмечается у лессов Мстиславля, у озерецких и телентьевских количество их незначительно (не превышает 1,82%  $\text{CO}_2$ ) или они отсутствуют.

Аллювиальные лессы Польши детально изучались В. К. Лукашевым (1970). Вюрмские лессы характеризуются (%):  $\text{SiO}_2$ —75,69;  $\text{Al}_2\text{O}_3$ —9,13,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ —2,19, СаО—3,28, Mg—0,67,  $\text{Na}_2\text{O}$ —0,78,  $\text{K}_2\text{O}$ —1,50. Отмечаются возрастные разли-

чия: у вюрмских лессов по сравнению с плиоценовыми понижено содержание  $Al_2O_3$  (в последних оно 15,25%),  $Fe_2O_3$  (4,21),  $CaO$  (3,87) и повышены величины  $K_i$  (соответственно 18,67 и 4,23),  $FeO : Fe_2O_3$  (0,62 и 0,15) и  $ba$  (0,64 и 0,44). По содержанию карбонатов аллювиальные лессы (5,2—11,0%  $CaCO_3$ ) занимают промежуточное положение между их субаэральными (5,6—20,2) и солифлюкционными (1,2—13,2) разностями.

В пределах Полесья и Поднепровья при переходе от северной к южной части бассейна зандровые отложения постепенно переходят в аллювиальные осадки II надпойменной террасы. Выделение их по геоморфологическому и стратиграфическому признакам в ряде случаев затруднительно, что связано с близостью условий их литогенеза в перигляциальной зоне. Химический состав аллювиальных и флювиогляциальных песков Полесья имеет некоторые различия (табл. 17).

Некоторые различия условий формирования этих отложений подчеркиваются также содержаниями главных катионов —  $Ca$  и  $Mg$  — в их грунтовых водах. Они соответственно для флювиогляциальных осадков составляют 26,07 и 6,67, у аллювия II террасы — 21,16 и 7,78 и I террасы — 15,91 и 5,91 мг/л.

Как видно из приведенных данных, флювиогляциальные пески и их воды характеризуются по сравнению с речными несколько повышенными содержаниями карбонатов; речные осадки имеют максимальные концентрации кремнезема. В главе IV подробнее характеризуются их геохимические различия. Вопросы разделения указанных осадков, особенно территории Полесья, еще мало разработаны. Накопление данных, в первую очередь геохимических, поможет найти критерии для решения этой проблемы.

Рутковичский аллювий. Аллювий I надпойменной террасы Днепра сложен (% от его общей мощности, по 100 скважинам): песками — 91,3 (в том числе мелкие 63,2 и тонкие 10,6), супесями — 3,1, суглинками — 0,5, глинами — 2,5, гравийно-галечным материалом — 2,4. Органогенные осадки составляют около 0,2%. У Припяти он представлен также преимущественно песками, меньшее распространение имеют супеси, суглинки и глины. В местах размыва морен в долине Днепра отмечаются гравий и галечный материал, а пески более крупнозернистые по сравнению с песками центральной части Полесья.

Гранулометрический состав речных осадков I надпойменной террасы Днепра характеризуется содержаниями (%): фракции  $>3$  мм — 0—77,1 (среднее по 139 пробам 2,5); 3—2 мм — 0—29,9 (1,3); 2—1 мм — 0—27,6 (1,7); 1—0,5 мм —

Содержание микроэлементов ( $n \cdot 10^{-3}$ ) и их отношения в верхнечетвертичных

Фация	Порода	Кол-во проб	Ti	Mn	Cr
<b>I надпойменная</b>					
<i>Нормально-</i>					
Старичная	песок	4	160—360	14,5—25,0	2,7—4,6
			240	17,3	3,8
	супесь	3	175—360	12,3—27,0	1,4—2,9
			260	17,5	1,8
	суглинок	1	300	22,0	3,9
Пойменная	песок	36	10,5—260	6,0—57,0	0,58—3,4
			52	11,5	0,9
	супесь	5	48—310	9,0—15,5	0,8—7,7
			85	13,5	2,8
Русловая	песок	50	18,6—240	6,9—34,5	0,58—4,0
			38	11	1,0
	супесь	3	138—250	14,0—17,8	2,5—4,7
			170	17,5	2,7
<b>II надпойменная</b>					
<i>Перигляци</i>					
Половодная	песок	40	18,0—260	9,5—19,0	0,6—2,0
			50	11,2	1,4
	супесь	2	54,0—420	7,8—15	4,0—7,6
			100	10,0	5,3
	суглинок	1	227	75,0	5,5
	глина	1	134	23,0	1,9
<b>Муравин</b>					
<i>Нормально-</i>					
Старичная	песок	12	490	19,1	0,9
			245—370	21,0—71,0	2,9—3,7
	супесь	6	240	24	3,0
			315	20,0	4,7
	суглинок	1	210—420	17,0—270	3,4—5,5
			310	55	5,3
	глина	13	390—500	13,7—57,5	4,7—12,0
			400	30	10
	сапропелит	2	18—130	9,0—28,0	0—3,4
			52	12	1,0
	торф	6			

аллювиальных отложений Днепра

Таблица 16

Ni	V	Zr	Cr/Ni	Mn/Ni	Ti/Zr	Zr/Ni
<b>терраса</b>						
<i>аллювиальные</i>						
0,5—9,8	7,0—11,5	12—42				
0,8	7,9	24	4,8	21,6	10,0	30,0
0,5—0,7	7,0—12,5	12—44				
0,5	8,5	28	33,3	32,4	9,3	51,9
2,4	17,0	10,5	1,6	9,2	28,6	4,4
0,01—1,7	0,6—11,0	4—62				
0,3	1,8	12,5	2,8	85,9	4,2	39,1
0,3—0,8	1,6—15,0	9,4—33				
0,4	2,8	17,5	7,0	8,7	4,9	43,7
0,2—26,5	0,9—8,5	4,4—31				
0,3	1,5	7,8	2,9	32,4	4,9	22,9
0,4—0,6	4,0—7,0	31—74				
0,5	5,3	54	5,0	32,4	3,1	100
<b>терраса</b>						
<i>альные</i>						
0,1—22,0	1,2—4,8	1,9—40				
0,6	3,1	6,5	2,9	58,3	7,7	13,5
1,3—3,1	3,2—17	6,5—10,5				
3,0	10,0	10,0	0,2	3,3	10,0	0,3
1,0	8,0	64,0	5,5	75,0	33,5	64,0
0,5	5,5	20,4	3,8	46,0	6,6	40,8
<b>ский</b>						
<i>аллювиальные</i>						
0,2	1,1	5,5	4,5	45,5	89,1	27,5
1,0—3,6	4,9—8,5	24—55				
1,0	5,3	30	3,0	24,0	8,0	30,0
1,6	9,1	31,0	2,9	12,5	10,2	19,4
3,5—40,0	8,5—11,0	13—26				
8,3	8,5	17,5	0,6	6,6	17,7	2,1
1,0—1,9	10,0—21,6	23—38				
1,2	10	30	8,3	25,0	13,3	25,0
0,1—5,5	1,6—24,0	0—41				
0,3	4,2	10,0	3,7	44,4	5,2	37,0

Фация	Порода	Кол-во проб	Ti	Mn	Cr
					Муравин
					Нормально-
Пойменная	песок	1	40,5	13,7	1,0
Русловая	песок	12	18,5—52,0	6,3—21,0	0,8—3,3
			28	14	2,9
	песок (базаль- ный)	1	67	93	1,8

0—42,8 (9,5); 0,5—0,25 мм—0,2—71,1 (22,0); 0,25—0,1 мм—0,2—73,3 (30,7); 0,1—0,05 мм—0,5—76,5 (21,3); 0,05—0,01 мм—0,1—79,2 (7,6) и менее 0,01 мм—0,1—44,8 (3,8). Величина  $Md$  колеблется от 0,03 до 0,67 мм (0,22) и  $S_0$  1,24—2,68 (1,68). Осадки террасы Припяти имеют близкий состав (%): фракция крупнее 2 мм—0—0,08; 2—1 мм—0,05—4,25; 1—0,5 мм—0,27—10,39 (среднее по 57 пробам 5,54); 0,5—0,25 мм—1,61—21,58 (13,31); 0,25—0,1 мм—5,91—53,19 (31,74); 0,1—0,075 мм—17,90—37,90 (28,22); 0,075—0,01 мм—2,0—23,10 (8,54); 0,01—0,005 мм—0,10—3,08 (1,14); 0,005—0,001 мм—0,08—1,37 (0,61) и менее 0,001 мм—0,93—3,36 (1,02). Величина  $Md$  составляет 0,20—0,42 (0,28),  $S_0$ —1,26—1,73 (1,48).

В минералогическом составе, по данным анализа 81 пробы, аллювиальных песков террас доминирует кварц (до 96%). В меньших количествах отмечаются полевые шпаты и халцедон. Выход тяжелых минералов из фракций 0,25—0,1; 0,1—0,075 и 0,075—0,01 мм речных отложений террасы соответственно составляет (%): у Днепра 0,19—0,38; 0,26—1,59 и 0,74—2,55 и Припяти 0,02—0,05; 0,20—0,46 и 1,38—2,79. В тяжелой фракции преобладают гранаты, амфиболы, ильменит, ставролит, турмалин, циркон, минералы группы эпидота (табл. 18).

Ассоциация глинистых минералов террас характеризуется гидрослюдистым и каолинит-гидрослюдистым, реже монтмориллонит-гидрослюдистым составом. В бассейне Припяти отмечаются скопления монтмориллонитовых глин (месторождение Малиновка, Брестская обл.).

Химический состав речных осадков I террасы определяется литологическим типом и фаціальными условиями их отло-

Ni	V	Zr	$\frac{Cr}{Ni}$	$\frac{Mn}{Ni}$	$\frac{Ti}{Zr}$	$\frac{Zr}{Ni}$
----	---	----	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------

ский

аллювиальные

0,3	1,7	4,9	2,9	40,3	8,3	14,4
0,01—52,0	1,0—3,1	3,2—8,1	5,8	28,0	4,1	13,6
0,5	2,2	6,8	5,8	28,0	4,1	13,6
0,6	2,6	6,9	3,0	155	9,7	1,1

жения (табл. 15 и 19). Условия формирования аллювия террасы Припяти по сравнению с днепровской характеризуются более высокой концентрацией кремнезема и окислов железа и пониженной — щелочных и щелочноземельных элементов, т. е. сходна с подобными различиями аллювия II террасы. Данная закономерность пространственного изменения состава осадков может рассматриваться как типичные различия состава речных отложений, формировавшихся в зонах краевых морен и полесий, а также свидетельствует о сходстве пространственных палеогеохимических обстановок литогенеза I и II надпойменных террас бассейна.

Содержание микроэлементов в осадках I надпойменной террасы отражено в табл. 16. Ранее было показано (В. А. Кузнецов, 1965), что для долины Припяти минимальные их содержания связаны с осадками русловой фации, максимальные — со старичными. Содержания микроэлементов в пойменном аллювии I надпойменной террасы по сравнению с современной поймой имеют близкие концентрации для Cr, Co, Cu и Ba и несколько пониженные (в 2,5 раза) для Mn.

Изучение состава солянокислых и водных вытяжек из верхнечетвертичных речных осадков Полесья (табл. 20) показывает, что концентрации элементов в них зависят от литологического типа осадков и фациальной среды их отложения. Отмечается большое сходство составов вытяжек для I и II надпойменных террас (исключая некоторые повышения содержания карбонатов в суглинках первой террасы). Сравнение их с составом вытяжек из плиоценовых речных осадков (см. табл. 65) показывает существенные различия в содержании CaO и MgO. От вытяжек голоценового аллювия

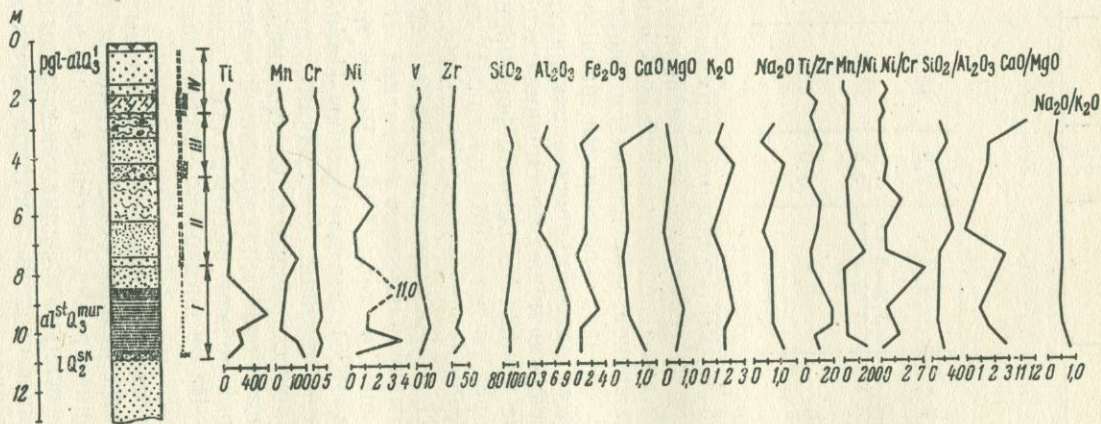


Рис. 10. Спектрокаротажная диаграмма разреза близ д. Ржавцы Оршанского района

(см. табл. 49) они отличаются более низкими концентрациями Mg, HCO<sub>3</sub>, Cl.

Специфика аллювиальных отложений террас, особенно в Полесье, — широкое развитие на них дюнных отложений. В. К. Лукашев (1963) показал, что дюнный рельеф представляет несколько переработанные ветром системы прирусловых валов Припяти. Эоловые пески не имеют больших различий

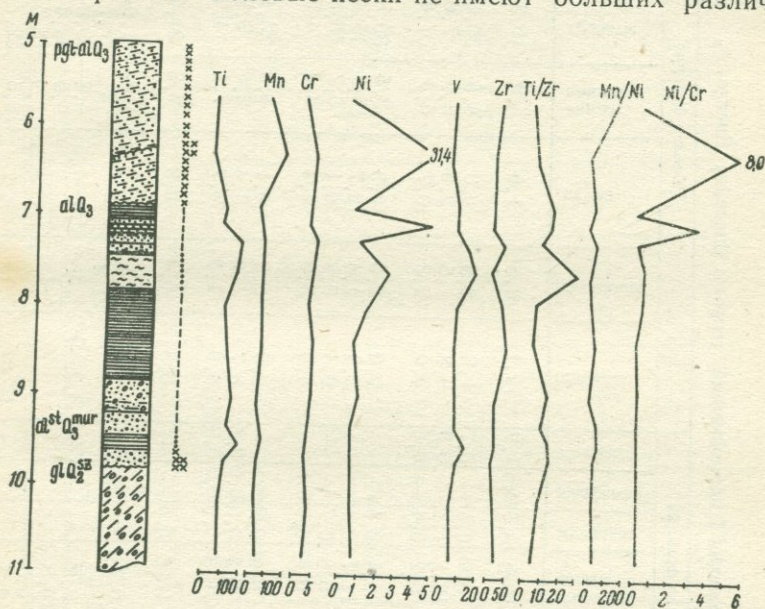


Рис. 11. Спектрокаротажная диаграмма разреза у д. Грабово (Красная Горка) Рогачевского района, обн. 7432, 7430

с аллювиальными в минералогическом и гранулометрическом составе, особенностях сортировки и окатанности кварцевых зерен. Однако, по нашим данным, они имеют несколько повышенные содержания SiO<sub>2</sub> (95,2%) и пониженные Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, а также CaO и MgO (В. А. Кузнецов, 1965 б).

Таблица 17

Средний химический состав верхнечетвертичных флювиогляциальных и аллювиальных песков бассейна Припяти, %

Генетический тип	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
Флювиогляциальный	92,82	0,88	2,76	0,46	0,16	0,48	0,92
Аллювий II террасы	93,93	0,80	2,93	0,20	0,10	0,26	1,07
Аллювий I террасы	94,95	0,73	2,02	0,34	0,14	0,25	0,16

Минералогический состав аллювия I надпойменной террасы бассейна Днепра, %

Река, участок	Порода	Фракция, мм	Легкая фракция					Тяжелая фракция							
			кварц	полевые шпаты	мусковит	глаукозит	кальцит	циркон	турмалин	рутил	эпидот, цоизит	гранаты	роговая обманка	дистен	
Днепр															
Могилев	песок	0,1—0,01	85,8	10,8	0,5	0,3	1,9	12,1	0,8	1,6	5,9	16,3	24,9	—	
Жлобин	песок	0,25—0,1	91,5	6,9	0,1	—	0,7	1,6	2,3	0,3	4,5	30,1	27,2	0,6	
		0,1—0,01	82,3	12,1	1,1	—	0,9	9,8	1,5	2,0	5,9	7,0	29,9	0,6	
	супесь	0,25—0,1	88,9	9,2	0,4	—	0,8	3,0	2,3	0,7	5,3	37,6	23,6	0,1	
Речица	песок	0,25—0,1	89,4	8,4	0,6	—	—	2,0	2,0	0,3	3,5	35,8	23,3	0,3	
		0,1—0,01	85,7	11,7	0,1	—	—	5,9	1,4	2,7	16,3	15,4	21,8	0,7	
	супесь	0,25—0,1	90,9	6,8	0,7	—	—	0,4	3,9	0,1	0,7	45,3	—	0,2	
Сож	суглинок	0,25—0,1	87,0	0,6	0,6	0,6	—	4,0	3,8	5,4	0,6	4,5	11,5	3,4	
Кричев	песок	0,25—0,1	87,8	9,0	2,0	0,3	—	0,9	2,9	0,1	8,0	23,1	17,2	0,1	
		0,1—0,01	86,0	6,2	3,5	0,8	0,8	8,7	1,0	1,4	5,8	9,9	32,8	0,3	
	супесь	0,25—0,1	77,5	16,5	1,6	0,3	3,3	3,6	1,8	6,7	7,1	4,2	15,5	1,0	
Добруш	песок	0,25—0,1	86,4	10,2	0,5	—	—	3,8	0,4	0,9	6,3	21,0	19,7	3,0	
Припять*	песок	0,25—0,1	97,2	0,7	—	—	—	0—2,2	6,1	—	0—0,4	1,8	11,9	5,1	0—1,2
			99,0	2,5	—	—	—	—	21,2	—	—	2,4	47,7	20,1	—
		0,1—0,075	88,7	2,8	—	—	—	3,3—6,9	4,5	—	0,4—1,5	4,8	23,0	6,6	0,2—1,1
		0,075—0,01	95,2	10,8	—	—	—	—	7,1	—	—	9,9	38,4	19,8	—
			45,5	0,3	—	—	—	13,6	—	—	11,9	15,0	13,2	0,2—1,0	
			95,2	10,3	—	—	—	17,5	3,1	—	16,5	22,7	20,4	—	

Продолжение табл. 18

Река, участок	Порода	Фракция, мм	Тяжелая фракция											
			силлиманит	старролит	андалузит	пироксены	биотит	апатит	фосфаты	ильменит	лейкоксен	окислы железа	пирит, марказит	
Днепр														
Могилев	песок	0,1—0,01	—	1,0	—	0,7	1,1	1,8	—	—	—	—	—	
Жлобин	песок	0,25—0,1	0,3	3,7	0,3	1,4	1,0	1,1	1,4	14,0	4,9	3,9	—	
		0,1—0,01	—	1,4	—	1,3	1,8	1,1	—	20,0	4,5	3,3	—	
	супесь	0,25—0,1	0,3	2,5	—	0,1	0,1	3,2	1,3	11,1	7,6	0,9	—	
Речица	песок	0,25—0,1	0,6	3,4	0,3	1,1	0,9	0,3	1,8	13,9	3,4	2,1	0,8	
		0,1—0,01	0,2	0,6	0,2	1,0	0,5	0,2	0,1	23,4	3,6	3,3	0,1	
	супесь	0,25—0,1	0,3	4,6	0,3	0,1	0,2	—	—	24,2	2,9	0,6	—	
	суглинок	0,25—0,1	15,7	8,1	0,9	0,2	—	0,4	0,4	18,7	11,3	0,6	2,0	
Сож	Кричев	песок	0,25—0,1	0,2	2,5	—	2,7	13,6	—	0,3	17,5	6,7	—	—
		0,1—0,01	—	1,0	—	1,2	7,8	0,8	0,2	18,4	1,8	—	—	
	супесь	0,25—0,1	—	5,4	—	2,8	0,9	0,9	1,0	22,7	6,9	—	—	
Добруш	песок	0,25—0,1	0,4	6,4	—	2,1	0,4	0,4	—	15,7	3,7	—	—	
Припять*	песок	0,25—0,1	1,6	11,6	0—2,7	0—0,8	0—1,1	—	—	5,2	1,9	—	—	
			3,5	16,4	—	—	—	—	—	15,0	5,7	—	—	
		0,1—0,075	0,7	5,2	0,4	—	—	—	—	17,4	0,9	—	—	
		0,075—0,01	2,0	6,7	2,5	0,2—1,0	0—1,5	—	—	19,6	3,8	—	—	
			0—0,5	1,5	—	—	—	—	16,6	0,5	—	—		
			5,0	0—0,7	0,6—2,1	0—0,2	—	—	22,4	1,5	—	—		

\* Составлено по данным К. И. Лукашева, С. Д. Махнач (1963).

### Химический состав аллювиальных отложений I надпойменной террасы

Фация	Осадок	Кол-во проб	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO
Старичная	супесь	4	83,67—86,86	0,78—2,85	5,88—7,42	0,14—0,69
			84,65	1,46	6,78	0,46
Старичная	суглинок	3	80,8—82,18	1,62—1,68	7,56—9,11	0,12—0,5
			81,49	1,65	8,34	0,31
Пойменная	песок	4	83,54—87,68	0,6—1,9	3,31—7,63	0,05—2,8
			85,94	1,14	5,51	0,87
Пойменная	супесь	2	82,99—88,74	1,08—2,48	5,40—7,18	0,14—0,35
			85,60	1,78	6,29	0,29
Русловая	песок	7	85,17—92,87	0,6—2,56	3,1—5,6	0,1—3,36
			90,16	1,19	3,60	0,85
Русловая	песок (базальный)	3	85,23—90,32	0,79—1,0	3,48—7,78	0,1—0,14
			88,04	0,86	5,85	0,13

На распределение железа, марганца и микроэлементов в аллювиальных осадках террас Центрального Полесья существенное влияние оказывают колебания окислительно-восстановительных условий в связи с заболачиванием и подтоком грунтовых вод.

Таким образом, для верхнечетвертичного аллювиального литогенеза в целом характерны следующие закономерности.

Геохимической спецификой аллювия муравинского климатического оптимума является аккумуляция соединений углерода, повышенная концентрация в осадках микроэлементов, что имеет важное стратиграфическое значение для разделения отложений и их корреляций.

Перигляциальные осадки аллювиальной толщи террас отличаются пониженными концентрациями микроэлементов. Несмотря на некоторое однообразие их распределения, отдельные пачки-циклотемы толщи четко выделяются повышенными концентрациями микроэлементов, связанными с базальными горизонтами.

Характерны широко развитые лессовые аккумуляции с различной степенью выраженности признаков аллювиального и озерно-аллювиального генезиса. Особенность этих осадков—в более интенсивном гипергенном карбонатообразовании.

Изучение закономерностей распределения микроэлементов показывает, что аллювиальные отложения террас Припяти

Днепра в зависимости от фациальных условий их формирования, %

MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	п. п. п.
0,31—1,36	1,71—2,3	0,44—0,84	0—0,17	0—0,8	1,5—1,66
0,63	1,95	0,67	0,07	0,02	1,57
0,54—1,11	2,23—2,88	0,76—1,05	0,07—0,15	0—0,18	3,0—3,22
0,83	2,56	0,88	0,11	—	3,11
0,4—1,71	1,4—2,27	0,67—0,88	0—0,51	0—2,47	0,76—3,06
1,14	1,99	0,82	0,26	0,72	1,80
0,20—0,71	1,11—2,41	0,45—0,91	0—0,41	0—0,34	2,24—2,69
0,45	1,76	0,68	—	—	2,46
0,12—2,32	0,6—2,23	0,17—0,81	0—0,72	0—3,0	0,05—3,37
0,77	1,44	0,62	0,18	0,54	0,89
0,5—0,81	1,89—2,72	0,88—1,64	0—0,2	0,08—0,77	0,45—0,51
0,67	2,24	1,25	0,12	0,31	0,49

формировались преимущественно за счет перемива флювиогляциальных осадков. Наложение ветровой деятельности хотя и вело к некоторой дифференциации элементов (обогащению дюнных образований по отношению к речным кремнеземом и обеднению глиноземом, щелочноземельными и микроэлементами), не смогло полностью уничтожить признаков первоначальной речной природы песчаных наносов.

Аллювий надпойменных террас Припяти отличается от современных речных осадков меньшей фациальной стратифицированностью разрезов, пониженными содержаниями кремнезема и щелочноземельных окислов и повышенными — глинозема и микроэлементов.

Речные осадки надпойменных террас по сравнению с современными осадками поймы выделяются большей карбонатностью, при этом карбонаты в первых имеют рассеянный характер распределения, в то время как для отложений пойм более характерны локальные скопления.

По особенностям формирования состава аллювия террас выделяются две зоны — краевых моренных отложений и полей.

**Голоценовые аллювиальные отложения.** Современное осадконакопление рек в бассейне Днепра (без Припяти) характеризуется развитием песчаных (74,2%) и повышенным содержанием суглинистых и глинистых (22,9) осадков. В бас-

Состав вытяжек верхнечетвертичных речных отложений бассейна Припяти, % абсолютно сухого вещества

Возраст	Фация	Осадок	SiO <sub>2</sub>	R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Гигроскопическая влажность	п. п. п.
<i>3%-ные солянокислые вытяжки</i>								
Q <sub>3</sub> <sup>2</sup>	Старичная	супесь	0,003	0,90	2,97	2,82	0,80	4,08
		суглинок	0,006	1,38	4,76	0,31	1,38	7,84
	Пойменная Русловая	супесь	0,003	—	0,28	0,13	0,55	1,58
		песок	0,008	—	0,01	0,002	0,17	0,36
Q <sub>3</sub> <sup>1</sup>	Старичная	супесь	0,005	—	0,01	0,001	0,24	0,51
		суглинок	0,005	1,00	0,41	0,28	1,15	2,56
		глина	0,001	1,80	1,10	0,83	1,77	4,97
	Русловая	супесь	0,068	0,40	2,49	0,72	0,51	3,71

Возраст	Фация	Осадок	Cl'	SO <sub>4</sub> '	HCO <sub>3</sub> '	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Гигроскопическая влажность	Сухой остаток	pH
<i>Водные вытяжки</i>											
Q <sub>3</sub> <sup>2</sup>	Старичная	супесь	0,005	0,004	0,043	0,005	0,012	0,001	1,66	0,048	6,3
		суглинок	0,007	—	0,030	0,015	0,010	0,002	1,50	0,049	6,6
		глина	0,007	0,015	0,077	0,008	0,024	0,003	1,32	0,096	6,8
	Пойменная Русловая	суглинок	0,006	—	0,018	0,004	0,004	0,001	1,55	0,020	6,5
песок		0,005	0,009	0,005	0,002	0,005	0,002	0,14	0,031	6,9	
Q <sub>3</sub> <sup>1</sup>	Старичная	супесь	0,008	—	0,037	0,006	0,011	0,001	0,38	0,049	6,9
		суглинок	0,007	0,005	0,051	0,013	0,012	0,003	1,19	0,074	7,0

сейне Припяти преобладают отложения песков (85,2%), менее — супесей (5,5), суглинков (2,6), глин и илов (1,2), широко развиты торфяные аккумуляции (5,0%).

Литогеохимическая характеристика современных осадков рек дана в работах В. А. Кузнецова (1960—1969), Н. И. Парфеновой (1960, 1963), А. А. Лазаренко (1962, 1964) и др. Здесь остановимся на кратком обобщении особенностей их состава.

Гранулометрический спектр осадков бассейна Днепра определяется гидродинамическими условиями речных потоков, фациальной обстановкой осадкоотложения, пространственной дифференциацией материала, переносимого реками, составом размываемых пород и т. д. Он характеризуется следующими показателями (по 113 пробам, %): фракция  $>3$  мм — 0—36,2 (среднее 2,3); 3—2 мм — 0—16,0 (1,0); 2—1 мм — 0—22,0 (1,7); 1—0,5 мм — 0—47,2 (8,5); 0,5—0,25 мм — 0,04—76,0 (20,8); 0,25—0,1 мм — 0,05—79,9 (23,1); 0,1—0,05 мм — 0,1—76,8 (20,8); 0,05—0,01 мм — 0—69,4 (14,4) и менее 0,01 мм — 0,1—49,3 (7,4). Величина  $Md$  колеблется от 0,03 до 0,63 (0,20),  $S_0$  в пределах 1,23—3,67 (1,72) и  $S_K$  — 0,37—1,89 (0,93). В песчано-гравийных осадках, преимущественно распространенных в верховьях Днепра и связанных с размывом моренных отложений, содержание гравия достигает 60%. В то же время для них по сравнению с подобными осадками других бассейнов рек Белоруссии характерно большее распространение песчаных фракций и минимальное — гравийного материала.

В целом гранулометрический состав современных речных осадков близок к составу верхнечетвертичного аллювия.

Из табл. 21 видны некоторые различия формирования механического состава осадков соответствующих фаций в долинах Днепра и Припяти, обусловленные разницей геологического строения территорий и пространственной речной дифференциации материала.

Пространственное изменение состава аллювия Днепра было отражено в табл. 12. При переходе от северного к южному участку постепенно сокращается содержание частиц  $>3$ —1 и 0,1—0,01 мм при возрастании концентраций фракций 1—0,1 мм. Величина  $Md$  уменьшается от 0,47 до 0,28 и  $S_0$  от 2,07 до 1,58.

Черты пространственной механической дифференциации осадков характерны для других рек бассейна. В частности, вниз по течению Птичи и Словечны у русловых осадков уменьшается величина  $Md$  соответственно от 0,85 до 0,33 и от 0,53 до 0,18 мм. В пойменных отложениях Птичи величина  $Md$  в этом же направлении уменьшается от 0,26 до 0,10, у Словечны — от 0,42 до 0,26 мм. При переходе от аллювия притоков

Гранулометрический состав современных речных осадков бассейна Днепра  
в зависимости от фациальных условий их формирования, %

Фацция	Кол-во проб	Фракция, мм				
		2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,075
<i>Бассейн Днепра (без Припяти)</i>						
Русловая	29	$\frac{0,04 - 12,8}{4,4}$	$\frac{0,04 - 25,4}{6,0}$	$\frac{0,35 - 35,0}{30,2}$	$\frac{2,38 - 63,9}{24,2}$	$\frac{0,3 - 61,0}{26,1}$
Пойменная	19	$\frac{0 - 1,20}{0,6}$	$\frac{0,2 - 1,83}{1,80}$	$\frac{0,07 - 32,84}{15,8}$	$\frac{2,38 - 66,2}{34,8}$	$\frac{0,44 - 71,32}{36,1}$
Старичная	14	$\frac{0,05 - 10,5}{6,2}$	$\frac{0,2 - 17,62}{11,37}$	$\frac{0,06 - 65,51}{44,5}$	$\frac{1,06 - 30,03}{17,3}$	$\frac{1,59 - 63,61}{14,2}$
<i>Бассейн Припяти</i>						
Русловая	45	$\frac{0,01 - 10,3}{1,53}$	$\frac{0 - 25,73}{9,60}$	$\frac{0,17 - 54,45}{20,55}$	$\frac{1,85 - 57,58}{28,38}$	$\frac{0,9 - 77,9}{24,92}$
Пойменная	54	$\frac{0 - 12,78}{0,88}$	$\frac{0 - 35,30}{2,14}$	$\frac{0,03 - 45,62}{6,61}$	$\frac{0,05 - 68,03}{23,13}$	$\frac{1,04 - 56,83}{33,62}$
Старичная	12	$\frac{0,05 - 1,68}{0,16}$	$\frac{0,01 - 7,41}{0,47}$	$\frac{0,06 - 43,28}{3,65}$	$\frac{1,06 - 26,30}{10,08}$	$\frac{6,13 - 63,61}{32,56}$

Продолжение табл. 21

Фацция	Кол-во проб	Фракция, мм				Md, мм	S <sub>0</sub>
		0,075-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001		
<i>Бассейн Днепра (без Припяти)</i>							
Русловая	29	$\frac{0,01 - 22,39}{6,0}$	$\frac{0,06 - 5,20}{0,9}$	$\frac{0,01 - 10,80}{1,3}$	$\frac{0,05 - 5,80}{0,9}$	$\frac{0,15 - 1,00}{-}$	$\frac{1,19 - 2,04}{-}$
Пойменная	19	$\frac{0,02 - 47,05}{6,6}$		$\frac{1,85 - 11,92^*}{0,87}$		$\frac{0,09 - 0,44}{-}$	$\frac{1,20 - 1,40}{-}$
Старичная	14	$\frac{0,39 - 41,50}{4,1}$	$\frac{0,12 - 14,70}{0,9}$	$\frac{0,04 - 14,60}{0,7}$	$\frac{0,48 - 0,8}{0,7}$	$\frac{0,44 - 0,8}{0,6}$	$\frac{1,20 - 2,36}{1,8}$
<i>Бассейн Припяти</i>							
Русловая	45	$\frac{0,11 - 51,25}{10,98}$	$\frac{0,03 - 24,8}{1,53}$	$\frac{0,02 - 15,3}{1,14}$	$\frac{0,07 - 11,45}{1,10}$	$\frac{0,07 - 1,30}{0,38}$	$\frac{1,14 - 3,01}{1,56}$
Пойменная	54	$\frac{0,42 - 74,33}{20,27}$	$\frac{0,05 - 24,15}{2,64}$	$\frac{0,08 - 10,23}{1,72}$	$\frac{0,17 - 21,39}{2,15}$	$\frac{0,08 - 1,37}{0,24}$	$\frac{1,06 - 3,02}{1,52}$
Старичная	12	$\frac{4,21 - 41,50}{26,71}$	$\frac{0,80 - 14,70}{4,71}$	$\frac{0,65 - 14,60}{4,10}$	$\frac{0,55 - 8,92}{3,17}$	$\frac{0,04 - 0,47}{0,15}$	$\frac{1,42 - 2,30}{1,65}$

\* Содержание фракции менее 0,01 мм.

Припяти к центральной части Полесья (табл. 22) обнаруживается у русловых осадков закономерное уменьшение верхних пределов содержаний фракций размерностью от  $>3$  до  $0,25-0,10$  и от  $0,075-0,01$  до  $<0,001$  мм и увеличение — фракций  $0,10-0,075$  и  $0,05-0,25$  мм. В основе механической дифференциации аллювия в направлении к центральной части Полесья лежат процессы осаждения, дробления и истирания частиц крупнее  $0,10-0,075$  мм и уменьшение количества частиц менее  $0,075$  мм в связи с их выносом за пределы бассейна или отложением в поймах во время паводков. Это хорошо иллюстрируется более высокими значениями содержаний фракций менее  $0,075-0,10$  мм у пойменного аллювия по сравнению с русловым по отдельным участкам Припятского бассейна.

Подмеченная закономерность уменьшения верхних пределов содержаний всех фракций (исключая  $0,075-0,10$  мм) при указанном переходе характерна и для пойменных осадков. Некоторое увеличение в содержании фракций от 2 до  $0,25$  мм пойменных осадков центральной части бассейна по сравнению с северным участком обусловлено влиянием сноса с Украинского массива, что подтверждается также изучением минералогического состава осадков.

#### Пространственная дифференциация механического состава

Участок	Фракция,					
	$>3$	3-2	2-1,5	1,5-1,0	1,0-0,5	$\frac{0,5-0,25}{0,25}$
<i>Русловая</i>						
Северный (левые притоки Припяти)	0-3,27	0,05-2,70	0,01-2,50	0-5,84	0,1-27,08	0,30-54,05
Центральный (Припять и Пина)	0-0,30	0-2,38	0-0,36	0,02-1,93	0,03-6,80	0,21-51,10
Южный (правые притоки Припяти)	0-21,80	0-6,23	0,01-3,09	0,01-10,30	0-25,73	0,17-48,21
<i>Пойменная</i>						
Северный	0-1,45	0-1,03	0-0,48	0-1,53	0-4,18	0,10-26,86
Центральный	—	0-0,22	0-0,57	0-2,04	0-19,02	0,03-32,58
Южный	0-11,09	0-17,86	0-5,98	0-12,78	0-35,30	0,03-45,62

В русловом аллювии центральной части Полесья уменьшение верхних пределов содержаний фракций менее 0,075—0,10 мм по отношению к таковым в северных притоках происходит в 1,5—6, а по отношению к южным в 2—14 раз; в пойменном аллювии оно соответственно — 1,5—2,6 и 1,3—3,5 раза. Это связано с различиями литологического и петрографического составов пород питающих провинций (пески на севере; моренные осадки, граниты и гнейсы на юге), а также с отложением преимущественно мелких частиц и возможным переотложением крупных в поймах отдельными протоками в паводковый период, на что указывал Е. В. Щанцер (1951).

Близкие данные получены А. А. Лазаренко (1964). Вниз по течению Днепра в русловых осадках им отмечается закономерное уменьшение величины медианного диаметра частиц: от 1,37—0,70 (выше г. Орши) до 0,28—0,25 мм (устье Сожа — устье Десны). Соответственно  $S_0$  уменьшается от 2,21—2,03 до 1,26—1,23. Средняя величина  $Md$  осадков составляет для притоков Днепра: Друти — 0,50, Березины, Сожа и Припяти — 0,29 мм.

Минералогический состав речных осадков бассейна по данным анализа 480 проб отражен в табл. 23. Гравийный ма-

Таблица 22  
современных речных осадков бассейна Припяти, %

мм						$Md$ , мм	$S_0$
0,25—0,10	0,10—0,075	0,075—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001		

фацция

2,25— 54,78	2,26— 63,30	0,15— 48,06	0,07— 10,35	0,10— 6,65	0,18— 4,02	0,09— 0,85	1,14— 1,49
14,73— 31,54	16,08— 77,03	0,52— 25,21	0,03— 1,77	0,09— 1,40	0,18— 2,15	0,17— 0,56	1,29— 2,7
1,82— 57,58	0,99— 56,69	0,11— 51,25	0,06— 24,88	0,02— 15,30	0,07— 11,45	0,07— 1,30	1,27— 3,00

фацция

0,20— 63,58	2,70— 64,88	1,23— 72,85	0,16— 11,20	0,28— 5,55	0,43— 8,26	0,08— 0,42	1,06— 2,05
0,38— 50,25	6,45— 85,80	0,62— 44,08	0,08— 6,98	0,08— 4,08	0,33— 3,08	0,10— 0,62	2,13— 3,00
0,05— 68,03	1,04— 56,83	0,42— 74,33	0,05— 24,15	0,12— 10,23	0,17— 21,39	0,08— 1,37	1,06— 3,00

Минералогический состав современных речных

Река, участок	Осадок	Фракция, мм	Легкая фракция					Тяжелая,			
			кварц	полевые шпаты	мусковит	глаукоцит	кальцит	циркон	турмалин	рутил	
Днепр	Орша	песок	0,25—0,1	84,6	11,1	—	3,9	4,8	2,8	1,6	—
		супесь	0,25—0,1	77,7	8,5	0,3	13,5	—	1,0	1,5	0,2
	Могилев	песчано-гравийная смесь	0,25—0,1	87,2	0,7	0,7	0,4	2,7	4,5	1,3	1,2
		песок	0,1—0,01	82,0	9,8	1,1	0,5	5,4	6,6	1,9	1,8
		супесь	0,25—0,1	88,9	8,0	—	—	1,6	0,9	2,6	0,2
		глина	0,1—0,01	92,5	5,6	0,2	0,3	1,0	4,9	3,0	2,5
Жлобин	песок	0,25—0,1	86,5	4,7	5,5	0,1	1,2	1,9	1,8	1,0	
		0,1—0,01	87,0	11,0	0,3	0,9	0,3	5,3	2,1	1,5	
	супесь суглинок	0,25—0,1	93,1	3,4	1,3	—	3,0	0,8	2,4	0,2	
		0,1—0,01	72,5	10,7	0,7	—	15,8	8,1	1,0	1,2	
Сож	Речица	песок	0,25—0,1	88,9	9,6	0,3	0,9	—	1,5	4,6	0,7
		Кричев	песок	0,25—0,1	87,0	9,1	0,6	0,5	1,6	2,4	2,1
Добруш	супесь	0,1—0,01	67,1	11,4	1,8	1,2	14,7	5,8	1,5	1,5	
		0,1—0,01	74,4	19,6	1,0	0,5	2,0	15,4	3,9	2,2	
		0,25—0,1	95,2	2,3	—	2,5	—	0,8	4,4	0,4	
Припять	песок*	0,25—0,1	74,0	0,6	0	0	0—3,2	0,3	2,4	0,2	
			99,4	7,3	2,1	0,4					
			16,0	1,1							
			98,0	13,1	0—3	0—3		5,4	3,1	1,2	
	песок**	0,075—0,01	51,7	4,4	0,2	0	0				
			93,0	13,6	3,2	0,4	11,4	12,2	2,0	3,7	
		0,25—0,1	5,0	1,0	—	—	0				
			97,0	4,8	—	—	57,4		1,2	—	
	0,1—0,075		47,0	0,5	—	—	4,4				
			94,5	9,6	—	0,6	46,7	4,4	3,2	1,3	
			40,4	4,2	—	0	0				
			91,3	16,4	—	1,4	17,1	14,4	1,3	5,0	

\* Русловый.  
\*\* Пойменный.

териал в осадках Днепра представлен обломками изверженных и осадочных пород (до 60%), кварцем и кремнями, на отдельных участках встречаются глинистые окатыши.

В песках основными минералами легкой фракции являются кварц (50—95%), полевые шпаты (5—20), на некоторых участках отмечаются повышенные концентрации глаукоцита (до 42) и кальцита (до 16%). Содержание тяжелых минералов в песчаных осадках Днепра составляет 0,44, Сожа — 0,25—0,35%. Среди них отмечаются ильменит, магнетит, лейкоксен, рутил, гранат, пироксены, амфиболы, ставролит, силлиманит, дистен, эпидот и другие. В ассоциации минералов фракции менее 0,001 мм преобладает гидрослюда, менее распространены каолинит, монтмориллонит, галлуазит, бейде-

## осадков бассейна Днепра, %

фракция													
эпидот, цонзит	гранаты	роговая обманка	дистен	силлима- нит	ставролит	андалузит	пироксены	биотит	апатит	фосфаты	ильменит	лейкоксен	окислы железа
6,0	27,1	26,2	0,2	—	1,2	0,2	1,6	2,0	0,2	5,3	19,2	2,1	2,4
5,0	18,8	30,2	0,2	—	0,9	—	1,9	11,3	3,2	6,5	15,2	2,9	0,2
6,1	17,3	31,0	0,5	—	4,3	—	1,8	1,0	1,0	1,6	19,5	4,9	0,9
11,1	11,1	29,8	0,4	—	1,5	—	1,6	0,8	2,3	1,4	20,1	3,8	4,8
5,5	13,3	34,9	0,7	—	5,2	—	3,0	5,5	1,5	5,9	11,1	6,1	2,1
4,4	17,3	31,3	1,8	—	9,1	—	1,8	0,3	1,8	4,7	10,1	2,8	0,4
3,3	16,7	25,9	0,8	—	2,5	—	1,6	0,8	0,8	—	14,2	5,0	20,1
2,1	8,0	24,2	1,8	7,1	3,5	0,4	1,4	14,0	0,7	1,5	20,1	7,0	1,5
5,0	18,0	35,8	0,2	0,1	1,7	—	1,4	1,4	2,8	1,3	15,4	5,6	1,5
7,1	25,5	36,0	0,2	0,2	—	—	1,4	—	1,0	6,9	7,2	2,4	0,9
10,6	6,5	45,0	1,1	—	0,2	—	2,2	0,8	3,7	1,4	10,6	0,7	2,2
3,3	18,9	12,9	0,5	—	2,2	—	ед.з.	—	ед.з.	3,3	12,3	2,8	ед.з.
7,1	34,0	24,4	0,3	0,2	5,5	0,5	1,0	0,4	0,1	0,1	11,4	6,0	0,5
4,3	24,3	25,2	0,8	0,2	3,9	—	1,8	1,1	1,2	2,8	12,7	4,6	—
5,5	12,4	26,5	0,3	0,1	1,7	—	1,2	1,2	1,5	—	—	—	—
12,4	6,5	28,9	0,5	0,5	1,7	—	1,7	0,4	2,6	1,9	7,8	4,7	—
1,6	5,2	11,4	7,0	—	6,8	1,6	1,6	—	0,4	—	28,2	19,2	3,6
2,7	40,5	9,1	0,6	—	6,0	0,6	0,2	—	—	—	11,2	5,3	—
6,1	29,3	13,0	1,1	—	2,8	0,7	0,9	0,5	—	—	16,9	6,4	—
10,8	13,2	19,1	1,0	—	1,6	0,3	0,5	0,7	0,6	—	18,3	5,0	—
1,4	9,1	8,4	0,1	0,5	1,6	0,5	0,1	—	—	—	4,1	1,8	—
6,0	20,6	13,5	1,2	1,4	6,5	0,8	0,4	1,8	0,4	—	15,2	6,5	—
11,6	11,8	14,0	1,1	0,5	3,1	0,2	0,4	1,9	0,4	—	19,2	5,1	—

лит, а также тонкодисперсные кальцит, кварц и аморфные окислы железа.

Закономерности пространственной минералогической дифференциации аллювия Днепра сводятся к следующему. Во фракции 0,25—0,1 мм речных осадков от верховьев (Оршанский участок) к низовьям (Речицкий) наблюдается некоторое увеличение содержания кварца — от 84,6 до 95,2% и уменьшение полевых шпатов — от 11,1 до 2,3 и карбонатов — от 4,8% до единичных зерен. Эти особенности характерны и для фракции 0,1—0,01 мм осадков среднего течения (рис. 12). На отдельных участках Днепра в минералогической ассоциации резко возрастает содержание карбонатов в связи с размывом девонских известняков (район Орши), глауконита — от палеогеновых и неогеновых песков (Лоев),



1) во всех фракциях русловых осадков левых притоков Припяти концентрации полевых шпатов выше, чем в соответствующих фракциях правых, при этом их максимальные содержания связаны с верховьями рек; 2) обломки кремня чаще отмечаются у левых притоков; 3) повышенные концентрации слюд характерны для правых притоков.

Выход тяжелых минералов для руслового аллювия обычно составляет во фракции 0,25—0,1 мм 0,01—1,85%; 0,1—0,075 мм — 0,08—5,22 и 0,075—0,01 мм—0,98—7,54% их веса. Их максимальные содержания приурочены к районам размыва изверженных пород и моренных отложений. Вниз по течению притоков Припяти в направлении к центральной части Полесья выход тяжелых минералов уменьшается. Что касается ассоциации тяжелых минералов, то во фракциях 0,25—0,01 мм в русловом аллювии правых притоков Припяти по сравнению с левыми больше циркона, топаза, ильменита, слюд, ставролита и меньше гранатов, турмалина, апатита. В осадках северной части бассейна Припяти отмечены пирит и уваровит, не встреченные в южной. Только в левых притоках найден барит.

Особенностью осадков пойменных фаций является накопление гипергенных окислов железа, фосфатов, карбонатов, опала в результате физико-химических и биогеохимических процессов. В старицах образуются кальцит и арагонит в форме раковин моллюсков, пирит и марказит при разложении органического вещества и т. д.

Спецификой состава осадков полесских рек (особенно Припяти) в отличие от Днепра, Сожа, Березины и Друти является пониженное содержание неустойчивых минералов — амфиболов, пироксенов и полевых шпатов.

Что касается дифференциации минералов по фракциям речных осадков бассейна, то здесь установлены те же закономерности (В. А. Кузнецов, 1965б), что и для других рек (В. Е. Рясина, 1961; А. А. Лазаренко, 1964 и др.).

Химический состав осадков Днепра характеризуется следующими основными компонентами (%): пески (среднее по 71 пробе) —  $\text{SiO}_2$  — 91,04,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  — 1,19,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  — 3,04,  $\text{CaO}$  — 0,62,  $\text{MgO}$  — 0,24,  $\text{K}_2\text{O}$  — 1,09,  $\text{Na}_2\text{O}$  — 0,61,  $\text{SO}_3$  — 0,27,  $\text{CO}_2$  — 0,48, п.п.п. — 1,63; глины (19 проб) —  $\text{SiO}_2$  — 75,38,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  — 4,78,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  — 10,99,  $\text{CaO}$  — 1,17,  $\text{MgO}$  — 1,12, п.п.п. — 3,25; озерно-аллювиальные глины (18 проб) —  $\text{SiO}_2$  — 74,78,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  — 3,67,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  — 11,73,  $\text{CaO}$  — 0,70,  $\text{MgO}$  — 1,18 и п.п.п. — 3,44. Аллювиальные глины по сравнению с озерно-аллювиальными выделяются незначительным повышением концентраций кремнезема и уменьшением глинозема.

Распределение элементов в зависимости от фациальных условий и литологических особенностей осадков отражено в

## Химический состав современных речных отложений

Фация	Осадок	Кол-во проб	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO
<i>Бассейн</i>						
Старичная	песок	18	86,84—96,68	0,60—2,54	0,50—4,61	0,17—0,70
			92,11	1,11	3,08	0,43
	супесь	3	59,54—82,10	1,65—3,62	3,84—5,21	0,35—1,54
			71,40	2,79	4,42	1,10
	суглинок	4	69,14—89,00	2,02—5,24	3,97—8,63	0,49—2,66
			75,17	3,31	5,49	1,51
ил	5	60,82—78,14	0,74—4,07	1,95—9,87	0,41—0,86	
		71,75	2,51	5,08	0,68	
торф	2	37,10—51,10	0,80—1,62	1,61—2,18	0,70	
		44,60	1,21	1,90		
Пойменная	песок	28	79,20—97,29	0,40—6,85	0—6,36	0,11—2,73
			90,93	1,33	2,76	0,61
	супесь	5	78,40—91,44	0,82—3,62	0,64—6,32	0,35—2,66
			82,11	2,52	3,52	1,29
	суглинок	1	87,55	1,81	0,82	0,70
		глина	3	63,91—70,13	5,01—9,95	13,95—15,22
	62,02		7,48	14,59	1,18	
Русловая	песок	32	89,20—96,77	0,03—6,85	0,21—5,96	0,14—2,66
			91,94	0,95	2,79	0,54
	песок (базальный)	1	88,50	0,82	1,66	3,22
<i>Бассейн</i>						
Пойменная	песок	9	72,67—89,31	0,66—1,68	1,51—2,70	0,37—0,68
			80,20	0,91	1,68	0,41
	ил	8	65,21—84,25	1,75—6,47	2,88—10,91	0,41—1,39
			75,02	3,53	4,79	0,90
	песок	34	73,29—98,39	0,25—15,90	0,14—6,33	0,08—3,20
			93,92	1,23	2,18	0,51
супесь	7	63,38—96,24	0,68—16,68	16,0—11,14	0,35—1,60	
		80,38	4,32	5,66	0,74	

## бассейнов Днепра и Припяти, %

MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	п.п.п.
<i>Днепра</i>					
0—0,45	0,60—1,46	1,31—0,60	0—0,38	0—0,31	0,32—2,35
0,12	0,95	0,45	0,14	—	1,38
0—1,21	1,70—2,89	0,69—3,24	0,41—0,55	0,35—0,64	5,00—25,50
0,81	2,41	2,33	0,49	0,49	13,30
0—3,63	1,20—1,60	0,54—0,94	0,58—1,30	0,17—1,71	0,64—14,20
1,59	1,35	0,70	0,99	0,65	9,90
0—0,64	0,77—2,60	0,34—0,68	0—4,27	0—0,17	8,44—24,20
0,31	1,53	0,49	1,38	—	15,63
—	0,66—0,72	0,35—0,43	1,54—1,75	0,25—13,57	14,70—55,16
	0,69	0,39	1,65	6,91	48,43
0—0,76	0,66—2,31	0,27—2,16	0,03—1,20	0,11—1,80	0,36—5,04
0,19	1,19	0,64	0,37	0,59	1,64
0—2,22	1,08—2,41	0,67—2,97	0,48—1,13	0,31—0,62	2,20—8,86
0,81	1,66	1,72	0,74	0,45	5,78
0,40	1,60	0,54	0,10	0,17	6,08
1,40—1,78	1,43—1,89	0,74—0,81	—	1,05—1,10	4,30—6,74
1,50	1,66	0,78	—	1,07	5,52
0—1,41	0—2,08	0,32—2,70	0—0,96	0—2,56	0,22—4,80
0,27	0,98	0,63	—	0,39	1,51
0,40	0,99	0,78	0,99	1,19	2,10
<i>Припяти</i>					
0—1,92	0,65—1,07	0,41—0,36	сл.—1,03	0—0,02	2,23—6,08
0,28	0,65	0,20	—	0,01	3,60
0,27—2,31	0,44—2,48	0,28—0,82	0—0,91	0—0,03	7,68—21,35
1,04	1,19	0,53	0,08	0,01	12,31
0,06—1,26	0,11—1,09	0,04—0,81	0—1,60	0—0,33	0,06—5,72
0,35	0,48	0,21	0,08	0,05	0,95
0—0,59	0,22—1,98	сл.—0,62	0—0,20	0,01—0,11	0,99—24,13
0,33	1,19	0,54	0,08	0,02	6,63

Фация	Осадок	Кол-во проб	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO
Пойменная	глина	6	63,63—74,75	5,54—7,83	11,20—11,51	1,02—1,23
			69,19	6,69	11,36	1,13
	наилки	5	62,01—77,63	2,42—4,34	4,09—7,87	0,35—9,91
			70,31	3,53	6,13	0,76
Русловая	песок	26	86,25—98,98	0,05—1,95	0,22—5,25	0—1,67
			93,93	0,75	1,86	0,31

табл. 24. Интересно отметить, что по фаціальным обстановкам, особенно русловой и пойменной, осадки полесских рек бассейна Припяти отличаются от днепровских повышенным содержанием SiO<sub>2</sub>, MgO и SO<sub>3</sub> и пониженным — Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, Na<sub>2</sub>O и K<sub>2</sub>O. Эта особенность проявляется также на осадках одного и того же литологического состава.

Аллювий верховьев Днепра и его притоков, территории, прилегающей к белорусской моренной гряде и районам лесов, т. е. зоны конечных моренных отложений, характеризуется высокими содержаниями Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (выше 4,19%), окислов Ca (0,73), Mg (0,25), K (1,79) и Na (выше 0,70%) и минимальными — SiO<sub>2</sub> (ниже 84,95%), что видно на примере осадков Днепра на участке Дубровно — Могилев и реки Друти. Менее четко указанные особенности проявлены в аллювии среднего Днепра (Могилев — Жлобин) и Сожа (табл. 25). В осадках Березины по сравнению с осадками Друти, Днепра и Сожа содержание Ca и Mg ниже. Аллювий нижнего Днепра (Жлобин — устье Припяти) выделяется минимальными содержаниями Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (2,85%), окислов Ca (0,36), K (0,10) и максимальными SiO<sub>2</sub> (91,99%), что связано с размывом песчаных осадков, в том числе палеоген-неогенового возраста.

Что касается аллювия бассейна Припяти, то он в целом имеет повышенные по отношению к днепровскому содержания кремнезема и пониженные глинозема. Показано (В. А. Кузнецов, 1964 б), что в Полесье в связи с дифференциацией вещества реками по мере перехода от речных осадков периферических районов к центральному возрастает содержание кремнезема и уменьшается глинозема.

На участках с неоднократным размывом и переотложением аллювия (Днепро-Сожское низовье, Припятское Полесье) максимальны концентрации кремнезема.

MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	п.п.п.
0,94—0,98	1,36—2,03	0,46—0,56	0—0,10	—	4,40—12,20
0,96	1,69	0,51	0,05		8,30
0,53—1,68	0,42—1,40	0,13—0,86	0—0,65	—	9,68—24,49
1,01	0,87	0,44	0,17		14,29
0—0,82	0,08—1,07	0,06—0,49	0—0,12	—	—
0,27	0,56	0,22	0,07		—

Описанные закономерности подчеркиваются и при рассмотрении особенностей изменения состава речных осадков в зависимости от фациальных условий (см. табл. 24 и 25). В русловых осадках Днепра вниз по течению возрастает содержание кремнезема и уменьшается глинозема, окислов щелочных элементов. Пойменные отложения Припяти выделяются высокими концентрациями SiO<sub>2</sub> и пониженными Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, окислов Ca, K, Na.

В верховьях Днепра, Прони, Березины старичные осадки несколько обогащены глиноземом и обеднены кремнеземом, а верховьев Березины, где широко развиты болотные массивы, окислами железа. В старицах-протоках осадки обычно обогащены кремнеземом и обеднены глиноземом. Повышенные содержания окислов кальция и магния характерны для стариц с большим количеством раковинного детрита, а также районов размыва карбонатных морен.

Отдельные притоки оказывают существенное влияние на формирование состава осадков Днепра. В частности, Припять обогащает его отложения кремнеземом, а Сож — глиноземом, карбонатами и щелочными элементами.

Среди закономерностей пространственной дифференциации микроэлементов, особенно русловых осадков, отмечается уменьшение их концентрации вниз по течению рек. Вниз по Днепру уменьшаются содержания Ti, Mn, Cr, V, Ba и Zr (табл. 26). Из полесских рек у Словечны от верховьев к устью закономерно снижаются содержания Cr, Ni, Mn, Cu, у Уборти—Cr, Ni, Cu, при этом участки, содержащие повышенные концентрации Cu и Ni, чередуются с местами, где они не обнаружены (В. А. Кузнецов, 1966). На отрезке Уборти между д. Горелая Гребля — Перга выявлены повышенные содержания марганца (до  $15 \cdot 10^{-3}\%$ ), связанные с ожелезнением донного песка и наличием болотных железных руд. На небольших

Средний химический состав современных речных отложений бассейна Днепра, %

Река, участок	Кол-во проб	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	п.п.п.
<i>Русловые</i>												
Днепр												
Дубровно—Могилев	9	86,54	4,81	1,49	0,95	0,25	0,80	1,88	0,10	не опр.	0,10	2,48
Могилев—Жлобин	10	88,49	4,38	1,55	0,39	0,09	0,65	1,74	0,06	«	0,11	1,75
Жлобин—Комарин	21	91,99	2,85	1,05	0,36	0,10	0,36	1,10	0,07	«	0,07	1,58
Днепр (в целом)	40	89,22	4,28	1,41	0,67	0,11	0,48	1,43	0,09	«	0,09	1,74
Березина (верховье)	17	87,54	3,61	1,26	0,61	0,24	0,55	1,58	0,07	0,76	0,11	3,92
Березина (в целом)	36	88,79	3,53	1,30	0,52	0,28	0,57	1,65	0,10	0,62	0,08	3,16
Друть	22	84,95	4,19	3,22	0,73	0,35	0,70	1,79	0,19	0,61	0,12	3,71
Сож	82	88,50	3,97	2,16	0,65	0,31	0,58	1,45	0,03	0,39	0,16	2,29
Припять	61	95,95	2,03	0,72	0,38	0,34	0,05	0,03	сл.	не определялось		0,14
<i>Пойменные</i>												
Днепр	20	86,23	4,73	2,23	0,72	0,52	0,88	1,48	0,38	0,76	не опр.	2,54
Березина	14	85,49	3,90	2,57	0,43	0,28	1,28	1,70	0,38	1,24	«	3,73
Друть	7	84,74	2,65	1,90	0,84	0,51	1,71	1,81	0,45	0,25	«	5,07
Проня	9	81,52	2,36	1,85	2,40	1,64	0,58	1,05	1,04	0,71	«	6,93
Сож	10	83,64	3,10	1,63	0,64	—	1,10	1,26	0,59	1,66	«	7,64
Ипуть	8	85,21	0,99	0,91	—	0,23	0,41	1,19	0,66	0,16	«	9,34
Припять	49	87,98	3,36	1,32	0,55	0,59	0,39	1,92	0,12	—	«	—

Т а б л и ц а 26

Содержание микроэлементов в современных речных осадках долины Днепра,  $n \cdot 10^{-3}\%$ 

Участок	Кол-во проб	Ti	Mn	Cr	Ni	V	Cu	Zn	Zr	Ba
Дубровно—Могилев	10	20—100	10—100	1—2	<1—1	не обн.—4	<0,3—0,5	не обн.—10	10—30	20—60
		138	36,0	1,2	0,4	2,0	0,3	—	17,0	35,0
Могилев—Жлобин	17	30—200	10—50	не обн.—2	не обн.—1	не обн.—5	<0,3—2	не обн.—10	3—40	20—50
		94,2	30,0	1,2	0,5	2,0	0,7	—	23,0	28,5
Жлобин—Комарин	20	10—300	3—50	не обн.—2	не обн.—1	не обн.—1	не обн.—3	не обн.—30	3—30	10—30
		66,1	8,7	0,8	0,2	0,9	0,1	—	10,1	15,0
Днепр (в целом)	47	10—300	3—100	не обн.—2	не обн.—1	не обн.—6	не обн.—2	не обн.—30	3—40	10—60
		91,0	20,6	1,0	0,3	0,4	0,2	—	14,4	23,0

участках рек с малоизменяемой геологической и гидродинамической обстановкой содержания микроэлементов колеблются незначительно и остаются, как правило, в пределах одного и того же порядка.

В русловых осадках верховьев левых притоков Припяти отмечены относительно повышенные содержания Ва, V, Cu (размыв моренных отложений), у правых притоков — Ni, Cr, Mn и Co (размыв кристаллических пород), для Припяти характерны минимальные количества микроэлементов. В пойменных осадках бассейна в целом аналогичные закономерности распределения элементов: у правых притоков больше Mn, Co, Ni, Cr, а у левых — Ва, Cu, V. На распределение микроэлементов в поймах большое влияние оказывают торфяные массивы.

Из данных табл. 27 видно, что среди рек бассейна низкими значениями концентраций большинства микроэлементов (Ti, Mn, V, Ba) выделяется Припять.

Современные речные отложения различных частей бассейна отличаются по уровню радиоактивности. Осадки Припяти и ее притоков имеют гамма-активность 1—5 мкр/час, или  $(0,3—4,5) \cdot 10^{-4}\%$  эквивалентного урана; близкие активности характерны для низовьев Днепра. В верховьях Днепра повышены их значения — 8—11 мкр/час (эквивалентно  $6 \cdot 10^{-4}—1,36^{-3}\%$ ) («Геохимические провинции...», 1969).

Для современного аллювиального литогенеза бассейна характерно наложение озерно-болотных и болотных процессов.

Осадки озер представлены песками, глинами, суглинками и илами. Наблюдается возрастание заиленности вверх по разрезу с переходом к преимущественно органогенным аккумуляциям. Состав осадков (%): сапропелевые илы —  $\text{SiO}_2—61,20—82,27$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3—2,5—7,8$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3—$  до 17,2,  $\text{CaO}—2,5—11,2$ ,  $\text{MgO}—0,1—0,3$ ; глины —  $\text{SiO}_2—65,05$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3—10,48$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3—2,76$ ,  $\text{CaO}—6,34$ ,  $\text{MgO}—1,84$ ,  $\text{K}_2\text{O}—1,89$  и  $\text{Na}_2\text{O}—0,63$ . Вторичное минералообразование представлено карбонатами, связан-

Таблица 27

Содержание микроэлементов в современных песчаных русловых осадках бассейна Днепра,  $\mu \cdot 10^{-3} \%$

Река	Ti	Mn	Cr	Ni	V	Cu	Zr	Ba
Березина	65	11	0,5	—	—	0,5	12	25
Друть	65	25	0,5	0,5	0,5	—	12	25
Сож	60	13	0,4	—	0,2	—	—	24
Ипуть	103	13	1,3	сл.	0,7	0,1	17	13
Днепр	60	22	1,0	0,5	0,5	—	6	23
Припять	42	0,4	0,8	<1,0	0,1	0,4	65	22

ными в основном с низами озерных разрезов, и окислами железа, приуроченными к верхним, органогенным отложениям («Геохимические провинции...», 1969). Осадки старичных водоемов, как правило, представлены илами, глинами и заиленными песками. Для них характерны несколько иные содержания элементов (табл. 28).

Несмотря на близкие условия формирования, старичные водоемы отличаются от озерных повышенными содержаниями в осадках кремнезема и более низкими глинозема, окислов щелочноземельных и щелочных элементов. Весьма характерно слабое развитие карбонатов в старицах по сравнению с озерными водоемами, что связано с частыми нарушениями их водного режима. Показательно высокое содержание Si и промежуточные концентрации Al, Ca между типично старичными и озерными (оз. Червоное) водоемами для осадков озера Споровское, через которое протекает р. Ясельда. Следовательно, переход стариц к режиму озер с геохимической точки зрения будет характеризоваться перестройкой дифференциации элементов в сторону уменьшения накопления Si и возрастания — Al, Ca и т. д.

По данным В. К. Лукашева (1970), у озерно-аллювиальных глин по сравнению с озерными повышены концентрации окислов кремния и железа (в 2 раза) и понижены концентрации окиси кальция (в 2 раза).

В долинах Припяти и ее притоков, Березины и низовьев Днепра пойменные пространства, как правило, заболочены.

Таблица 28

Химический состав озерных и старичных водоемов  
Белорусского Полесья, %

Осадок	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
<i>Старицы Припяти</i>							
Илистые пески	80,20	0,91	1,68	0,41	0,28	0,20	0,66
Суглинки	90	2,61	2,27	0,55	0,25	0,18	0,73
Илы, глины	75	3,53	4,79	0,90	1,04	0,53	1,19
<i>Озеро Споровское</i>							
Глины	79,72	3,69	7,95	1,98	0,89	0,72	1,38
<i>Озеро Червоное</i>							
Глины	60,17	2,46	11,33	7,80	2,16	не опр.	

Торфяники на поймах выступают как механические аккумуляторы глинистых и илистых осадков из паводковых вод, ведущие к накоплению Ti, Ca и других элементов. Этот процесс происходит одновременно с усвоением растениями части элементов, с адсорбционным поглощением их органическим веществом торфа, находящимся в различной степени разложения и преобразования, и формированием органо-минеральных комплексов. В нижней части торфяников в анаэробных условиях идет образование сульфидов, в верхней в условиях доступа кислорода широко развиты окисные соединения железа. Характерно, что в низинных торфяниках преобладают минеральные формы железа (гидроокислы, фосфаты, карбонаты и терригенные минералы) над железогумусовыми комплексами. Геохимической спецификой наложенных болотных процессов в речных долинах является формирование железных руд.

У низинных торфяников пойм бассейна Днепра следующие основные показатели: зольность 10,4—26,1% при степени разложения 31,5—40,8 и минеральности 9,7—30,3%; pH среды 5,4—5,7 приближается к среде низинных котловинных (озерных) торфяников с pH 5,6—5,9.

По данным В. Р. Бенсмана и В. А. Ковалева (1969), по составу в поймах бассейна наблюдаются две разновидности торфяников: малозольные (зольность 7,4%) и высокозольные (32,85) с соответствующими составами (% на сухое вещество):  $\text{SiO}_2$ —0,83 и 15,81,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ —0,81 и 6,91,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ —0,36 и 3,11, CaO—3,51 и 4,25, MgO—0,21 и 0,72,  $\text{SO}_3$ —0,76 и 0,96. Эти различия различаются также величинами геохимических коэффициентов:  $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$  у высокозольных торфов в 2,2 раза выше, а CaO : MgO—в 2,8 и  $\text{TiO}_2 : \text{SiO}_2$  в 2,4 раза ниже, чем у малозольных, что связано с различными сочетаниями гидрогенных растворенного и механического привноса вещества речными потоками и грунтовыми водами в условиях пойм. По разрезу пойменных торфяников характерно обогащение верхних горизонтов Fe, P, Ca; соединения Si, Al, K и Na преимущественно обогащают их нижнюю часть. Содержания микроэлементов в низинных торфяниках бассейна в среднем составляют ( $n \cdot 10^{-3}\%$ ): для Ti—9,5, Mn—15, Pb—1,5, Cu—1,4, Ni и Zr около 1, Cr—0,6. Степень концентрирования элементов в торфяниках для P равна 130, Fe—12, Mo—11,5, Ba—5,2, Mn—4,2, Co—2,6, Pb—4,0, Cu—1,4. У Cr, Ni, V, Zr, Sr она не превышает 1.

В ландшафтах речных долин торфяники создают локальные повышенные концентрации Fe (Полесье), Cr, Ni и Ti (Центрально-Березинская равнина), несколько изменяя характер распределения элементов, складывающийся при аллювиальном осадконакоплении под действием физико-химиче-

ских, биохимических и микробиологических процессов (В. Р. Бенсман, В. А. Ковалев, 1969).

Отражением процессов заболачивания долин и водоразделов является большое содержание гумусовых веществ в Березине, Припяти и других реках, обуславливающее высокую степень миграции железа и микроэлементов в форме сульфатов, органо-минеральных комплексов и других соединений. С определяющим влиянием торфяно-болотных массивов на формирование состава речных вод и повышенную миграцию элементов, несмотря на низкие содержания последних в размываемых породах, связано выделение на территории Полесья особой гидробиогенной гидрохимической провинции («Геохимические провинции...», 1969).

Грунтовые воды поймы Припяти характеризуются содержанием  $\text{Ca}$ —36,66 мг/л,  $\text{Mg}$ —7,23,  $\text{Na}$ —8,78 и  $\text{Fe}$ —1,90 мг/л. От аналогичных вод аллювиальных отложений террас они существенно отличаются содержанием кальция, которого в пойменных водах больше, чем в водах аллювия I террасы, в 2,3 и II — в 1,7 раза. Это связано с подтоками высокоминерализованных глубинных карбонатных вод и накладывает отпечаток на современный аллювиальный литогенез: локальное накопление карбонатов в поймах среднего течения Припяти.

Состав солянокислых и водных вытяжек из современных осадков рек бассейна (табл. 29) в определенной мере отражает фациальные условия их формирования. У солянокислых вытяжек из них по сравнению с вытяжками из речных осадков террас повышены концентрации  $\text{SiO}_2$  и понижены —  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  и  $\text{CaCO}_3$ , относительно низкие концентрации  $\text{Ca}$  и  $\text{HCO}_3$  по отношению к верхнечетвертичным речным отложениям сохраняются и в водных вытяжках. Разница в составе вытяжек связана с большим распространением рассеянных карбонатов в верхнеантропогенном аллювии.

Отмечая разнообразные стороны геохимической характеристики аллювиального литогенеза, нельзя не коснуться влияния хозяйственной деятельности человека. Работы по углублению русла, связанные с поддержанием судоходства, изменяют естественные взаимосвязи и последовательность отложения речного материала. Сооружение водохранилищ создает новые режимы осадкоотложения. Осушение болот пойм сопровождается изменениями условий миграции и осаждения железа, марганца и микроэлементов, состояния и состава органического вещества.

Наряду с улучшением естественной миграции и переотложения речного материала в ряде случаев деятельность человека оказывает отрицательное воздействие на аллювиальный литогенез. Спрявление русел рек и осушение водоразделов ведет к уничтожению малых и обмелению средних рек с пре-

Таблица 29

## Состав вытяжек из современных речных осадков бассейна Припяти, %

Фация	Осадок	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	MgO	CaCO <sub>3</sub>	Гигроскопическая влажность	п.п.п.
-------	--------	------------------	-------------------------------	-----	-----	-------------------	----------------------------	--------

## 3 %-ные HCl вытяжки

Старичная	супесь	0,30	—	0,50	0,28	0,50	—	5,00
	суглинок	0,05	—	0,31	0,18	0,30	0,64	2,08
Пойменная	суглинок	0,003	0,60	0,28	0,28	—	0,62	1,58

Фация	Осадок	Cl'	SO <sub>4</sub> ''	HCO <sub>3</sub> '	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Гигроскопическая влажность	Сухой остаток	pH
-------	--------	-----	--------------------	--------------------	---------------------------------	------------------	------------------	----------------------------	---------------	----

## Водные вытяжки.

Старичная	глина	0,008	0,016	0,018	0,008	0,008	0,001	1,58	0,05	6,1
	супесь	0,006	—	0,020	0,001	0,001	—	0,75	0,03	7,2
	песок	0,003	0,014	0,018	0,006	0,005	0,002	0,33	0,04	7,1
Пойменная	суглинок	0,009	—	—	0,006	0,006	0,001	0,62	0,03	6,0

кращением на их поймах паводков и пойменного осадкоотложения. Пагубно влияют на состояние растительности, животного и микробиологического мира сбросы в реки отходов от промышленных предприятий и коммунальных хозяйств. Влияние техногенного фактора остается почти не изученной стороной геохимии аллювиального литогенеза и ландшафтов речных долин, что в настоящее время настоятельно требует постановки специальных геохимических исследований.

Суммируя данные о литогеохимических особенностях и составе современных речных осадков, можно сделать следующие выводы.

Для современного аллювия характерна четко выраженная пространственная, временная и фациальная дифференциация элементов и их соединений.

Закономерности пространственной химической дифференциации проявляются с одной и той же направленностью по различным фациальным комплексам речных осадков, отражая общие геохимические особенности аллювиального литогенеза, основные черты геологического строения и процессы выветривания в бассейне эрозии.

Существенное влияние на аллювиальный литогенез в голоцене оказывают развитие органического вещества, процессы заболачивания, а также подток глубинных минерализованных вод, ведущий к карбонатизации и ожелезнению речных осадков. От предшествующего верхнечетвертичного литогенеза современное речное осадкообразование отличается усилением геохимической роли миграции и аккумуляции соединений углерода, увеличением переноса и переотложения соединений кремния и относительным уменьшением масштабов карбонатообразования.

В связи с углубляющейся речной эрозией в Поднепровье местами состав осадков рек снова определяется составом размываемых глубинных дочетвертичных пород.

По составу речных осадков и процессам аллювиального литогенеза на территории бассейна резко выделяется припятская долина, наследующая геохимические особенности полесий, заложенные в верхнечетвертичное время.

На аллювиальный литогенез и его геохимические черты оказывает огромное влияние производственная и хозяйственная деятельность человека.

### **Особенности палеогеохимической обстановки образования речных осадков в верхнечетвертичное время**

В настоящее время накоплен значительный материал по дифференциации состава аллювия нормального типа. В то же время закономерности ее для перигляциальных речных от-

ложений оставались не исследованными. С этой целью изучался состав аллювия террас различных участков долины Днепра и Припяти.

Формирование состава верхнечетвертичных речных отложений в различных частях бассейна имеет ряд особенностей. В северной части (до широты Могилева) оно связано с размывом отложений зоны краевых образований оршанской стадии последнего оледенения; в центральной (Могилев—Речица) — с размывом моренных и флювиогляциальных осадков днепровского и московского оледенений; в южной (южнее широты Речицы) — с размывом и переотложением главным образом флювиогляциальных песков.

Закономерности пространственной механической дифференциации осадков в пределах террас заключаются в постепенном уменьшении величины  $Md$  вниз по течению реки (см. табл. 12), соответственно для северного, центрального и южного участков 0,42; 0,28 и 0,16 мм для второй и 0,36; 0,32 и 0,26 мм — первой надпойменных террас. Формирование осадков террас происходило в условиях размыва относительно однородного материала полноводными потоками. Хотя условия формирования аллювия террас близки, все же имеются некоторые различия. Скорости потоков в период формирования II надпойменной террасы в центральной части ( $Md=0,04—0,46$ , при среднем 0,28 мм) были близки к скоростям потоков периода формирования I террасы на южном участке (0,06—0,48, среднее 0,26) и современного Днепра в нижнем течении (0,11—0,45, среднее 0,28 мм). Образование аллювия второй надпойменной террасы происходило при больших перепадах силы потока и меньшем диапазоне сортировки материала, чем у первой террасы.

Аллювий террас формировался в перигляциальных условиях более широкими полноводными реками, при широких разливах, сопровождавшихся относительно быстрой потерей силы потока вниз по течению.

Современные речные осадки отлагаются в условиях узкой, углубляющейся долины, когда сила потока возрастает вниз по течению и в переотложение вовлекается более разнообразный материал.

Для пространственного изменения минеральных ассоциаций речных осадков надпойменных террас отмечаются следующие закономерности. В I террасе при переходе от среднего к нижнему течению во фракции 0,25—0,1 мм уменьшаются концентрации кварца и полевых шпатов с заметным их увеличением во фракции 0,1—0,01 мм. Для II террасы на указанном участке долины во фракции 0,25—0,1 мм заметно увеличение содержания кварца с уменьшением содержания полевых шпатов. Среди тяжелых минералов в аллювии I террасы сред-

него и нижнего течения Днепра в этих фракциях отмечается некоторое уменьшение концентрации неустойчивых амфиболов, пироксенов и биотита. Во фракции 0,1—0,01 мм возрастает содержание ильменита, гидроокислов железа. Содержание эпидота уменьшается во фракции 0,25—0,1 и возрастает во фракции 0,1—0,01 мм. В осадках II террасы вниз по долине Днепра наблюдается уменьшение содержания пироксена и биотита, которое для фракции 0,25—0,1 мм составляет от 1,8 до 0,6 и от 2,0 до 0,6%, а для фракций 0,1—0,01 мм — от 2,3 до 0,4 и от 1,3 до 1,0%. Концентрация амфиболов на данном участке снижается от 27,8 до 25,1% во фракции 0,25—0,1 мм при незначительном увеличении во фракции 0,1—0,01 мм.

В химическом составе аллювия террас Днепра вниз по течению отмечается четкая дифференциация элементов: увеличение концентрации кремнезема и уменьшение концентрации окислов железа, щелочных и щелочноземельных элементов (табл. 30).

Как отмечалось выше, дифференциация химических элементов в разрезе аллювиальной толщи террас происходит также в связи с формированием различных типов аллювия — нормального и перигляциального.

При изучении закономерностей распределения микроэлементов в различных фациях современного и верхнечетвертичного аллювия Полесья нами выявлены некоторые особенности: 1) вариационные кривые распределения микроэлементов в различных фациях аллювия I надпойменной террасы по форме и характеру аналогичны кривым для современного аллювия центральной части бассейна, 2) большинство микроэлементов характеризуется более высокими концентрациями в речных осадках I террасы по сравнению с современными; аллювий II террасы имеет максимальные их содержания. Сделан вывод, что формирование аллювия террас связано с преимущественным размывом флювиогляциальных песков. Причем верхнечетвертичные аллювиальные отложения по сравнению с голоценовыми более глинистые. Это подтверждается также сравнением составов различных литологических типов современных и террасовых речных осадков: в последних больше Al и меньше Si (В. А. Кузнецов, 1965б). Аналогичный вывод вытекает из данных сравнения составов речных и флювиогляциальных песков, приведенных в работе Э. А. Левкова (1962).

Ранее мы отмечали повышенную карбонатность осадков террасового аллювия по сравнению с современным, а также некоторые различия составов их грунтовых вод.

Показательны различия верхнечетвертичного аллювия террас Западной Двины, формировавшегося в зоне размыва

Химический состав верхнечетвертичных аллювиальных песков долины Днепра, %

Участок	Кол-во проб	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	п. п. п.
<i>I надпойменная терраса</i>									
Центральный	26	92,86—96,17	0,14—0,44	0,94—2,86	0—1,16	0—0,42	0,96—1,34	0,42—0,50	0—0,38
		94,59	0,31	2,10	0,58	0,18	1,15	0,45	0,21
Южный	20	96,27—96,43	0,22—0,28	1,31—1,36	0,29—0,60	сл. —0,60	сл. —0,60	сл. —0,19	0,29—0,33
		96,35	0,25	1,33	0,44	0,30	0,30	0,09	0,31
<i>II надпойменная терраса</i>									
Северный	13	54,28—76,31	2,15—9,73	5,38—7,93	3,48—5,69	1,51—1,65	1,80—2,70	0,47—0,60	4,31—17,42
		64,09	6,58	6,52	4,47	1,60	2,16	0,53	11,90
Центральный	23	93,80—97,82	0—0,65	0—2,43	0—0,46	0—0,13	не определялись		0—0,25
		95,33	0,30	—	0,29	0,09			0,12
Южный	1	7,78	0,11	0,50	не определялись		»	0,20	

**Химический состав аллювиальных отложений террас  
Западной Двины и Припяти, %**

Терраса	Осадок	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	п.п.п.
<i>Западная Двина</i>										
I	Песок	86,27	1,64	4,96	1,26	0,84	0,86	1,52	0,34	1,79
II	Песок	84,09	3,63	5,91	0,98	0,70	0,92	1,72	0,34	1,80
	Супесь	77,90	4,83	7,58	2,27	1,00	0,94	2,20	0,34	4,09
<i>Припять</i>										
I	Песок	94,95	0,73	2,02	0,34	0,14	0,25	0,61	0,13	1,21
II	Песок	93,93	0,80	2,93	0,15	0,10	0,26	1,07	—	0,93
	Супесь	89,20	3,12	3,84	1,20	0,02	—	0,75	—	—

конечных морен, и аллювия Припяти, развивавшегося в условиях полей (табл. 31).

Террасы Припяти обогащены кремнеземом, обеднены соединениями Al, Fe, K, Na, Ca и Mg и микроэлементами (Ti, Ni, Zr, Cr, Cu, V, Mn, Zn, Ba). Так, аллювий I надпойменной террасы Припяти имеет концентрации Ti в 3 раза, Cr—2, V—7, Mn—89 и Ba—в 8,6 раза ниже, чем аллювий I террасы Западной Двины, что связано с преимущественным формированием аллювия Западной Двины за счет размыва моренных и озерно-аллювиальных отложений времен средне- и верхнечетвертичного оледенений, а у Припяти— за счет перемыва главным образом песчаных пород.

Таким образом, для речных осадков террас, сформировавшихся в перигляциальных условиях, выявляются характерные черты пространственной дифференциации механического, минералогического и химического составов, сходные с современными, особенности которой определяются связью осадков с отложениями различных палеогеографических зон, изменениями состава осадков вниз по течению рек и т. д.

**Закономерности эволюции состава аллювия  
в разрезе неоген-четвертичной толщи Поднепровья**

Гранулометрическая характеристика речных осадков на протяжении четвертичного периода, как указывалось, испытывала значительные изменения в зависимости от развития речных долин, палеорельефа, размыва пород водораздельных пространств и т. д. Во временном аспекте, судя по средним

величинам  $Md$  песчаных отложений, можно указать на следующие особенности развития аллювия.

Наиболее крупные пески связаны с нижнечетвертичным ( $Md=0,34$  мм) и среднечетвертичным, шкловским (0,45) аллювием. У песков аллювия II и I надпойменных террас эта величина характеризуется значениями 0,14 и 0,22 мм соответственно; голоценовые пески имеют средний  $Md$  (0,20 мм). Указанное хорошо согласуется с палеогеографическими условиями развития долины Пра-Днепра на протяжении четвертичного периода: глубокими врезами рек и в нижнем антропогене и после отступления днепровского ледника; слабой эрозионной деятельностью ее в перигляциальных условиях александрийского ( $Md=0,13$  мм) и рутковичского времени. Близкие закономерности состава песков в разрезе аллювиальных свит голоценового, кривичского (александрийского) и венедского (налибокского) аллювия отмечаются Г. И. Горецким (1970) для Припяти.

Распределение минералов в зависимости от возраста осадков носит сложный характер. При переходе от нижне- и среднечетвертичных к голоценовым отложениям содержание кварца во фракции 0,25—0,1 мм постепенно уменьшается, возрастая в 0,1—0,01 мм (рис. 13). Количество полевых шпатов колеблется в близких пределах (9,9—4,7% во фракции 0,25—0,1 и 14,8—8,3% — 0,10—0,01 мм), при этом заметна тенденция к снижению содержания с переходом к молодым осадкам, особенно четко выраженная на жлобинском участке (от 10,9 до 4,7% во фракции 0,25—0,1 мм и от 14,8 до 11,0% — 0,1—0,01 мм). Содержание карбонатов уменьшается от древних к молодым осадкам в верхней части бассейна; в нижней оно в близких пределах.

Тяжелые минералы в связи с переходом от древних к молодым отложениям подразделяются на следующие группы: 1) минералы, сохранение или некоторое возрастание концентрации которых характерно для обеих фракций — рутил, лейкоксен, амфиболы, пироксены; 2) уменьшение концентрации в обеих фракциях — слюды, гидроокислы железа; 3) возрастание концентрации в обеих фракциях для верховьев бассейна и падение для низовьев — эпидот, ильменит; 4) уменьшение концентрации во фракции 0,25—0,1 мм и возрастание в 0,1—0,01 мм — гранаты. Так, во фракции 0,10—0,01 мм осадков от средне- и верхнечетвертичного к голоценовому аллювию на Могилевском участке концентрации несколько увеличиваются: у амфиболов от 22,8 до 29,8%, у пироксенов в пределах 1,3—1,6, рутила 1,1—1,8 и лейкоксена 3—3,8%. Подобное увеличение характерно для указанных минералов при переходе от аллювия II надпойменной террасы к голоценовому. Противоположным образом происходит распределение слюд и гидроокислов

железа. В рассматриваемой фракции их содержание соответственно уменьшается для биотита от 2 до 0,8%, гидроокислов железа от 5,5 до 4,8%. Концентрация эпидота и ильменита во фракции 0,1—0,01 мм с переходом от аллювия II надпойменной террасы к современному для среднего течения Днепра (Могилевский участок) находится в пределах от 6,5 до 11,1%

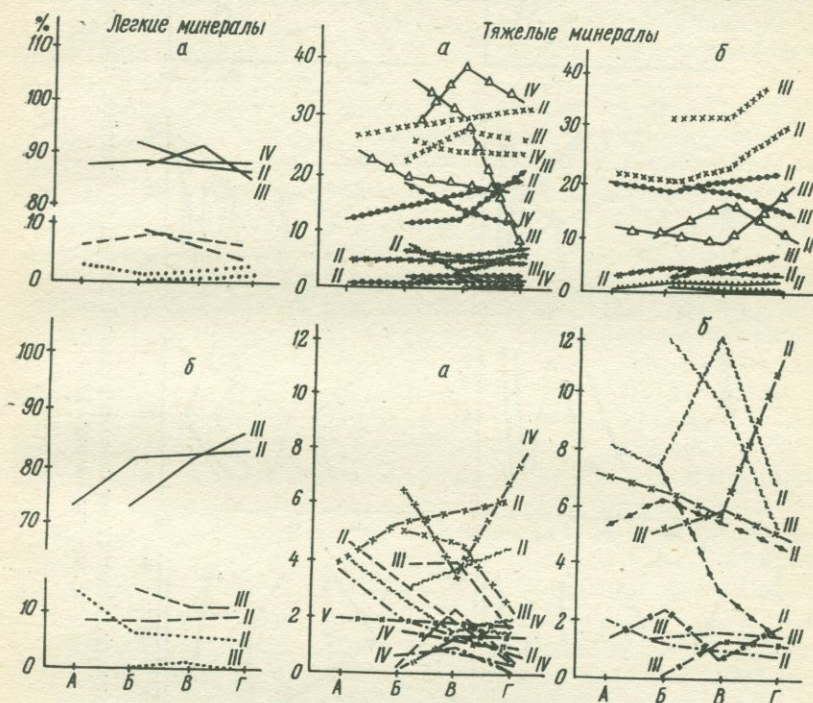


Рис. 13. Распределение минералов в аллювиальных песках бассейна Днепра: А — нижне-среднечетвертичный; верхнечетвертичные: Б — II надпойменной террасы, В — I надпойменной террасы, Г — голоценовый; а — фракция 0,25—0,1, б — 0,1—0,01 мм. Обозначения минералов и участков (римские на кривых) те же, что на рис. 12

у эпидота и от 19 до 20% ильменита и уменьшается для среднего течения (Жлобинский участок) соответственно от 5,2 до 5,0 и от 17,6 до 15,4%. Поведение этих минералов во фракции 0,25—0,1 мм лишь незначительно различается по уровню содержания и форме кривых (рис. 14). Интересно отметить находки пирита и марказита в аллювии в северной части бассейна (Оршанский и Могилевский участки), связанные с александрийскими и муравинскими осадками и не отмечаемые в более молодых аккумуляциях; содержание их во фракции 0,25—0,1 мм достигает 0,8%. Характерны резкие повы-



шения содержаний глауконита на отдельных участках современных рек (до 13—43%), тогда как в более ранних осадках (исключая нижнечетвертичный аллювий) его концентрация не превышает 1,5%, что связано с углублением русла Днепра в голоцене и новым размывом палеогеновых и неогеновых отложений.

Для состава галечного материала выявлено более высокое содержание карбонатов в верхнечетвертичном аллювии по сравнению со среднечетвертичным; древние осадки содержат больше биотита.

Минералогическая ассоциация аллювия долины Днепра с возрастом меняется: для ниже-среднечетвертичного она определяется как циркон-лейкоксен-ильменит-гранат-амфиболовая; для верхнечетвертичного — эпидот-лейкоксен-ильменит-амфибол-гранатовая и для голоценового — эпидот-лейкоксен-ильменит-гранат-амфиболовая.

Таким образом, формирование минералогического состава речных отложений на различных этапах развития долины Днепра несет черты дифференциации, связанной с изменением состава пород областей размыва (глауконит, карбонаты, тяжелые минералы) и разрушением неустойчивых минералов в процессах речной транспортировки (полевые шпаты и т. д.). Ее выраженность в зависимости от возраста аллювия усложняется тем, что река перебивает ранее отложенный материал или вовлекает в размыв породы глубинных горизонтов.

Подмеченное сходство во временных закономерностях изменения минералогического состава аллювия и морен территории бассейна (К. И. Лукашев, В. А. Кузнецов, С. Л. Шиманович, 1969) свидетельствует о главенствующей роли размыва ледниковых отложений в формировании минеральных ассоциаций и о специфике их возрастной дифференциации у речных осадков на протяжении четвертичного периода.

В химическом составе речных отложений Поднепровья в зависимости от возраста отмечаются следующие закономерности (табл. 32 и 33). В песках концентрация кремнезема уменьшается от полтавских до александрийских и затем возрастает к голоценовым. Содержание глинозема в целом с возрастом несколько увеличивается при максимуме в шкловских осадках. Концентрация окислов железа возрастает от полтавских к александрийским и от александрийских к голоценовым с резким увеличением от рутковичских к современным осадкам.

Для щелочных и щелочноземельных элементов характерна тенденция к увеличению их содержаний с возрастом, однако максимальные значения связаны с александрийскими осадками (для калия также со шкловскими), что хорошо согласуется с повышенными их концентрациями у березинских и днепров-

Средний химический состав аллювиальных и озерно-аллювиальных отложений неоген-четвертичной толщи долины Днепра, %

Осадок	Возраст	Кол-во проб	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	п. п. п.
<i>Аллювиальные</i>												
Пески	Q <sub>4</sub>	171	91,04	1,19	3,04	0,52	0,24	1,09	0,61	0,27	0,48	1,63
	Q <sub>3</sub> <sup>2</sup>	62	90,42	0,71	3,22	0,54	0,31	1,06	0,43	0,11	0,35	2,24
	Q <sub>3</sub> <sup>1</sup>	40	92,71	0,86	2,98	0,43	0,11	1,21	0,39	—	0,16	0,23
	Q <sub>2</sub> <sup>2</sup>	17	88,69	0,85	4,63	0,83	0,45	1,63	0,59	0,19	0,75	1,47
	Q <sub>2</sub> <sup>1</sup>	6	85,68	0,81	4,09	2,69	1,26	1,36	0,71	0,28	1,83	2,91
	Q <sub>1</sub> <sup>2</sup>	16	90,08	1,05	3,03	0,59	0,37	0,82	0,31	0,20	—	2,14
	Q <sub>1</sub> <sup>1</sup>	17	93,42	1,20	3,01	0,39	0,37	0,45	0,17	—	—	0,77
	N <sub>1</sub> <sup>Plt</sup>	13	97,14	0,27	0,83	0,39	0,13	следы	следы	—	—	—
Глины	Q <sub>4</sub>	29	75,38	4,78	10,99	1,77	1,12	—	—	—	—	3,25
	Q <sub>3</sub> <sup>1</sup>	16	75,01	4,05	13,39	1,36	1,20	—	—	—	—	3,44
<i>Озерно-аллювиальные</i>												
Глины	Q <sub>4</sub>	48	74,78	3,67	11,73	0,70	1,18	—	—	—	—	4,84
	Q <sub>3</sub> <sup>2</sup>	15	55,99	5,38	15,86	7,71	3,31	—	—	—	—	11,44
	Q <sub>3</sub> <sup>1</sup>	9	75,68	3,48	12,04	0,67	0,91	—	—	—	—	3,66
	Q <sub>2</sub>	2	73,63	4,55	14,03	0,66	1,33	—	—	—	—	4,11
	N <sub>1</sub> <sup>Plt</sup>	6	66,01	4,97	17,74	1,98	0,61	—	—	—	—	7,72

ских морен (А. В. Матвеев, 1966). У глинистых озерно-аллювиальных отложений в целом те же закономерности.

Изучение возрастной химической дифференциации в осадках с учетом фациальных особенностей показывает, что песчаные и глинистые осадки русловой, пойменной и старичной фаций (рис. 15 и 16) отражают выявленные закономерности, подчеркивая с разной степенью геохимическую направленность аллювиального литогенеза на территории бассейна.

Общая тенденция изменения состава аллювия на протяжении четвертичного периода в Поднепровье, хотя и имеет сложный характер, в основном согласуется с прямым порядком возрастной дифференциации, установленным для других

речных бассейнов Б. С. Луневым (1967), согласно которому в молодых отложениях возрастают концентрации кремния, алюминия, калия, натрия, кальция и магния. Однако объяснение такой направленности дифференциации преимущественно выветриванием и разрушением минералов, на наш взгляд, недостаточно. Во-первых, не раскрывается поведение карбонатов и глинозема в стратиграфическом разрезе, которые должны,

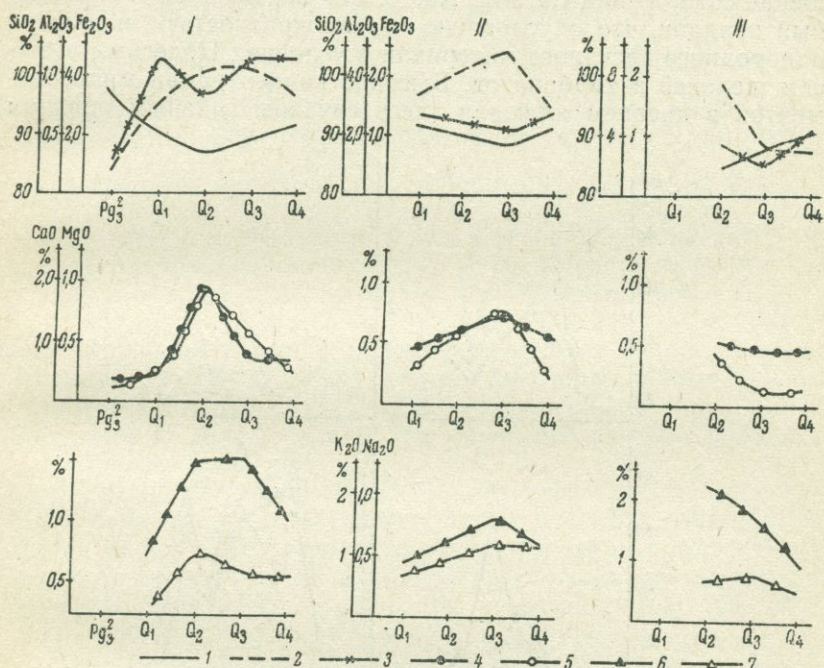


Рис. 15. Распределение макроэлементов в песчаных аллювиальных отложениях бассейна Днепра в зависимости от возраста осадков и фациальных условий их образования: 1 —  $\text{SiO}_2$ , 2 —  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 3 —  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 4 —  $\text{CaO}$ , 5 —  $\text{MgO}$ , 6 —  $\text{K}_2\text{O}$ , 7 —  $\text{Na}_2\text{O}$ ; фации: I — русловая, II — пойменная, III — старичная. Для палеогеновых осадков — дельтовый аллювий

казалось бы, уменьшить концентрацию; во-вторых, недооценивается специфика отдельных процессов аллювиального литогенеза, связанных с размывом разнообразных пород питающих провинций, с гипергенным минералообразованием и палеогеохимическими особенностями отдельных периодов.

Распределение микроэлементов в аллювии Поднепровья имеет сложный характер (рис. 16). В целом для V, Zr, Sr, Ti отмечается тенденция к снижению концентрации в осадках на протяжении четвертичного периода с некоторыми отклонениями, например минимальными значениями в осадках мура-

винского времени. Повышение концентрации Мп связано со среднечетвертичными отложениями. Характерно некоторое возрастание содержания Мп, Ti, Cr, Zr с переходом от верхнечетвертичного к голоценовому аллювию.

Для возрастной дифференциации речных отложений долины Припяти при переходе от аллювия надпойменных террас к современному выявлено увеличение содержаний Si и уменьшение содержаний Ca, Mg, Na, V, Zn, Cu, Ba и Ti, т. е. обратный порядок, что обусловлено неоднократностью перебива однородного песчаного материала в условиях Полесья с выносом щелочей и карбонатов. Высокие концентрации микроэлементов в древнем аллювии здесь связаны главным образом

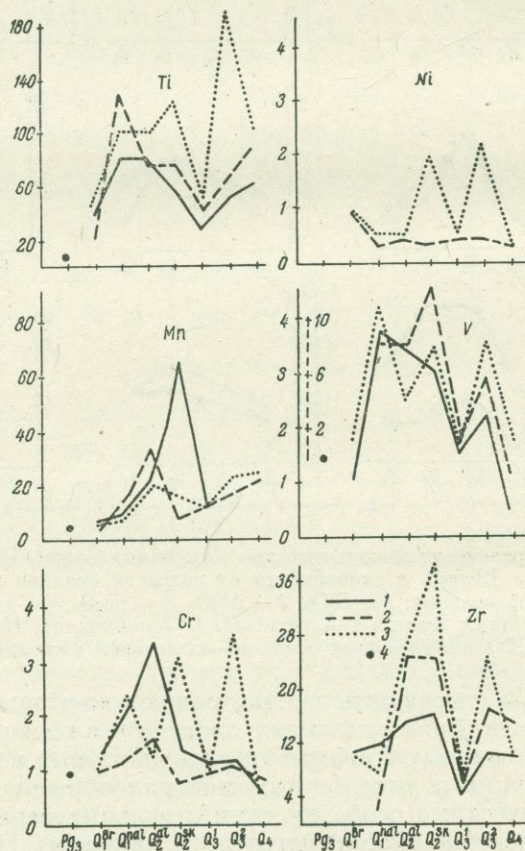


Рис. 16. Распределение микроэлементов в песчаных аллювиальных отложениях бассейна Днепра в зависимости от возраста осадков ( $n \cdot 10^{-3}\%$ ): фации: 1 — русловая, 2 — пойменная, 3 — старичная, 4 — дельтовые отложения; штрихами дан масштаб для V в старичных осадках

с большей глинистостью террасовых отложений. Как уже отмечено, в породах межледниковий имеются свои закономерности распределения элементов, обусловленные сменой теплых сред осадконакопления перигляциальными.

В табл. 33 приведены статистические данные распределения микроэлементов в песках русловой фации разного возраста. Определение медианного значения ( $Me$ ) и квартилей ( $Q_1$  и  $Q_3$ ) велось графически. Математически рассчитывались нижние ( $G_n$ ) и верхние ( $G_v$ ) квадратичные значения распределения по формулам:  $G_n = \frac{3}{2}(Me - Q_1)$  и  $G_v = \frac{3}{2}(Q_3 - Me)$ ; верхняя ( $НП_v$ ) и нижняя ( $НП_n$ ) границы нормального геохимического поля:  $НП_v = 1,503 - 0,5 Me$  и  $НП_n = 1,50 - 0,5 Me$ ; коэффициент вариации ( $V$ ) по формуле  $V = \frac{G}{Me}$ . Коэффициент

встречаемости ( $K_v$ ) представляет отношение количества проб с содержанием элемента выше порога чувствительности анализа к общему количеству анализированных проб в %.

Анализ данных показывает, что вверх по разрезу неогенчетвертичной толщи в аллювии отмечается снижение концентраций (по  $Me$ ,  $Q_1$  и  $Q_3$ )  $Ti$  (при некотором повышении в голоценовых осадках),  $Sr$ ,  $V$ ,  $Zr$ . Максимальные значения концентраций  $Mn$  связаны со среднечетвертичным,  $Ti$  и  $V$  с неогеновым аллювием.

Разделение микроэлементов по коэффициенту встречаемости показывает, что их ассоциация в русловых песках от неогена до верхнечетвертичного времени в целом аналогична, так как  $K_v$  лежит в пределах 75—100%. Ассоциация современных песков выделяется пониженной встречаемостью  $Sr$  и  $Ni$  ( $K_v < 50\%$ ).

По величинам коэффициентов вариаций выделяются три группы элементов: 1)  $Ti$ ,  $Sr$ ,  $Ni$ ,  $Zr$ , максимумы которых связаны с нижнечетвертичными отложениями, 2)  $Mn$  — наиболее высокие значения у современных осадков и 3)  $V$ ,  $Zr$  — минимальные значения относятся к среднечетвертичному аллювию. Максимальные величины коэффициентов вариации могут расцениваться как показатели особенностей аллювиального литогенеза, связанные с большей возможностью концентрирования элементов, минимальные — с их рассеиванием. С этой точки зрения поиск погребенных россыпей имеет наибольшее значение в нижнечетвертичном аллювии, что вытекает также из изучения геологического строения и истории развития рассматриваемой территории. Величиной стандартных отклонений выделяются по  $Ti$  и  $V$  осадки неогенового и нижнечетвертичного аллювия, по  $Mn$  — среднечетвертичного. Резко выделяются максимальными значениями по отношению

Сг : Ni и Ti : Zr неогеновые, по Mn : V и Mn : Ni — среднечетвертичные и Ti : V — голоценовые речные пески.

Выше отмечались различия в поведении микроэлементов в теплых и перигляциальных условиях аллювиального литогенеза. Особенно различаются при этом величины коэффициентов вариации (например, для верхнечетвертичного аллювия они соответственно составляют у Сг — 102 и 37, Ni — 84 и 64, V — 109 и 36; для среднечетвертичного у Сг — 66 и 43, Ni — 40 и 19, V — 32 и 17, Mn — 168 и 37 и т. д.).

Таким образом, в возрастной дифференциации состава речных осадков и их эволюции в разрезе неоген-четвертичной толщи бассейна выявляется прямой порядок химической дифференциации аллювия Поднепровья и обратный бассейна Припяти.

Направленность химической дифференциации аллювия в пределах межледниковий подчиняется изменениям второго порядка, связанным с переходом от теплых к холодным климатическим условиям осадконакопления и от нормального к перигляциальному типу аллювия, сопровождающимся уменьшением содержаний микроэлементов и степени их вариации и т. д.

Существенное влияние на характер дифференциации аллювия в межледниковьях оказал размыв ледниковых аккумуляций, а с переходом к голоцену — развитие органического вещества.

Специфика дифференциации элементов при переходе от верхнечетвертичного к голоценовому аллювию на территории долины Днепра заключается в возрастании содержаний микроэлементов в речных осадках, связанном с усилением глубинного вреза и вовлечением в переотложение дочетвертичных пород; в Полесье — уменьшении их концентраций в связи с новым переывом флювиогляциальных и аллювиальных аккумуляций.

Установленные величины статистических показателей распределения микроэлементов отражают временные особенности литогенеза и могут быть использованы как местные критерии при корреляции речных осадков, определении их возраста, а также в поисковых целях.

### **Геохимическое районирование территории распространения аллювиальных отложений**

В основе геохимического районирования территорий и выделения провинций лежит изучение концентраций элементов в горных породах, почвах и растительном покрове. Применительно к площадям распространения речных отложений оно основывается главным образом на минералогическом изуче-

нии шлихов руслового аллювия. В настоящее время развиваются методы с применением данных химического анализа тяжелых минералов (Б. С. Лунев, 1967), распространения микроэлементов в глинистой фракции русловых осадков и ее экстрактах (J. S. Webb и др., 1963, 1968) и т. д. Эти методы обладают рядом преимуществ, но не лишены недостатков. Например, шлиховая съемка наиболее проста по выполнению и в целом отражает закономерности распространения минералов и элементов в долине, однако является неполной, поскольку не основана на всестороннем изучении процессов и продуктов аллювиального литогенеза.

Нами в основу геохимического районирования территории развития речных отложений принимается учет связи состава речных осадков со строением и литологией бассейна эрозии, химической дифференциации в долинах, закономерностей распространения элементов во всех фаціальных комплексах аллювия, основанных на принципе изучения устойчивых и неустойчивых ассоциаций. Под устойчивой ассоциацией понимается такая, содержание химических элементов в которой во всех аллювиальных фациях данной территории оказывается повышенным (или пониженным) по отношению к их содержанию в комплексе фаций других территорий. В неустойчивой ассоциации относительные содержания элементов в различных фациях оказываются непостоянными.

В бассейне Днепра по особенностям химического состава речных осадков с учетом специфики аллювиальных толщ и фаціальных сред осадконакопления мы выделяем следующие геохимические районы распространения аллювия (рис. 17). Подробная характеристика районов дана в работе «Геохимические провинции...» (1969) и др.

Верхнеднепровский район охватывает верховья Днепра, Друти, Сожа, Прони и характеризуется формированием аллювия преимущественно за счет лессовых и моренных отложений в условиях нешироких долин. Развита главным образом осадки русловой и менее развиты пойменной фаций. Речные осадки имеют максимальные содержания глинозема, щелочных и щелочноземельных элементов, бария, марганца, повышенные ванадия.

Среднеднепровский район занимает территорию среднего Днепра, Друти и Сожа. В составе осадков отмечаются переходные черты между первым и третьим районами. Характерно повышенное содержание Ti, Sr, V и других элементов.

Нижнеднепровский район расположен в нижнем течении Днепра и Сожа. Характеризуется преимущественным накоплением осадков при размыве и переотложении древних и современных аллювиальных песчаных отложений, выделяется

широко развитым пойменным и старичным аллювием. Речные осадки имеют максимальные содержания кремния и минимальные остальных макро- и микроэлементов.

Березинский район охватывает долину Березины. Формирование аллювия происходит главным образом за счет флювиогляциальных и моренных отложений в условиях

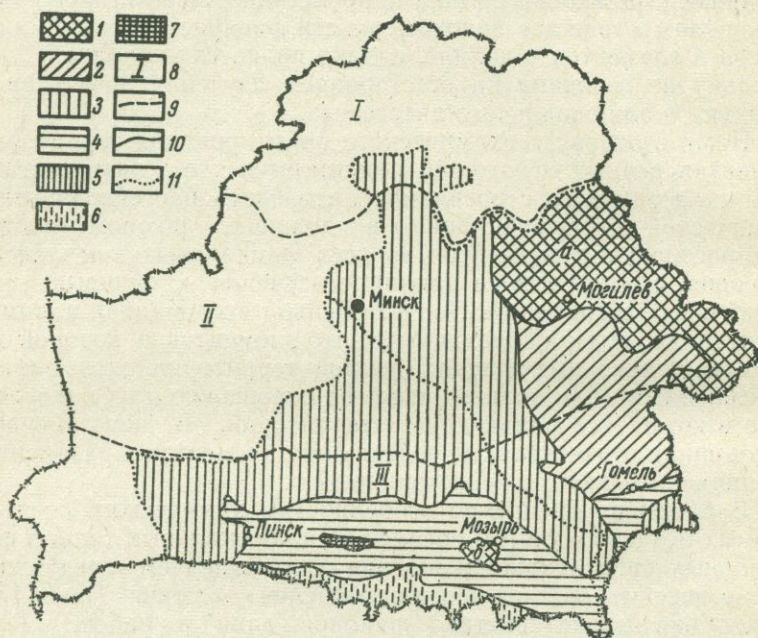


Рис. 17. Карта-схема геохимического районирования аллювиальных отложений бассейна Днепра: геохимические районы: 1 — Верхнеднепровский с Оршанским (а) участком, 2 — Среднеднепровский, 3 — Ясельда-Птичь-Березинский, 4 — Припять-Нижнеднепровский с Мозырским (б) участком, 5 — Стырский, 6 — Горынь-Словечанский, 7 — Ствига-Горыньский участок; 8 — литогеохимические провинции: I — северная, II — центральная, III — южная; границы: 9 — геохимических провинций, 10 — геохимических районов, 11 — бассейна Днепра

сильно заболоченной долины и водоразделов. Характеризуется промежуточным содержанием элементов между первыми двумя и третьим районами. Концентрации щелочноземельных элементов здесь минимальные.

Состав осадков выделенных районов отличается от кларковых содержаний элементов в аллювии Днепра в целом. Например, третий район имеет повышенные (к кларку) содержания кремнезема и пониженные остальных компонентов, первый характеризуется их противоположными соотношениями.

В Белорусском Полесье выделяются следующие геохимические районы:

Ясельда-Птичский район охватывает верхнее и среднее течение левых притоков Припяти. Состав аллювия определяется преимущественно эрозией моренных (верховья) и флювиогляциальных (средние течения) отложений. Выделяется повышенной устойчивой ассоциацией Ва, V и Сu.

Припятский район занимает территорию среднего и нижнего течения Припяти и низовья ее притоков. Генезис речных осадков здесь связан с перемывом песчаных флювиогляциальных, древних и современных речных отложений. Осадки выделяются устойчивой ассоциацией максимальных содержаний кремнезема и минимальных — микроэлементов.

Стырский и Горынь-Словечанский районы связаны с верхним и средним течением правых притоков Припяти. Осадки образуются за счет сноса материала с Украинского кристаллического массива и характеризуются высокими содержаниями  $Al_2O_3$  в верховьях и повышенной устойчивой ассоциацией Ni, Co, Cr. Друг от друга районы отличаются некоторыми особенностями состава речных и грунтовых вод и комплексом тяжелых минералов.

Выделяются также участки Ствига-Горынский, расположенный близ Давид-Городка и Турова, речные осадки которого обогащены карбонатами за счет подтока грунтовых вод, и Мозырский, связанный с размывом лессов и имеющий повышенные концентрации Ti, Cu и V.

Современный аллювий бассейна Припяти имеет в целом высокое среднее содержание кремнезема (88,1%) и пониженное глинозема (3,6), окислов натрия (0,3) и калия (0,7%). Осадки бассейнов Днепра и Припяти наряду с различиями имеют близкие черты. Так, по составу и условиям формирования осадков Березинский участок схож с Ясельда-Птичским, Нижнеднепровский с Припятским.

Выделенные районы распространения аллювия связаны с восточной частью Центральной и Южной литогеохимическими провинциями Белоруссии («Геохимические провинции...», 1969). Специфика первой провинции связана с нахождением ее в полосе Белорусской гряды и прилегающих возвышенностей, сложенных в основном моренными и лессовыми отложениями, в меньшей степени — флювиогляциальными, болотными и аллювиальными осадками. По средним концентрациям химических элементов ее осадки близки к кларковому составу покровных пород республики. Верхнеднепровский район совпадает с одноименным районом аллювия, имеющим повышенные по сравнению с провинцией концентрации Ti, V и близкие к ним — Mn. Район севернее Гомеля совпадает со Среднеднепровским аллювиальным районом. Южная провинция, охватывающая полесскую низменность и прилегающие зандровые равнины, характеризуется песчаными аккумуля-

циями и заболоченными ландшафтами с пониженными содержаниями Al, Fe, Ca, Mg, K, Na и большинства микроэлементов и максимальными Si. Мозырский район совпадает с Мозырским геохимическим участком аллювия.

Установленная пространственная дифференциация состава аллювия вниз по течению Днепра, Березины, Прони, притоков Припяти отражает черты широтной геохимической зональности покровных отложений, проявленной в пределах республики. Закономерное изменение состава осадков по мере перехода от северных к южным областям (увеличение содержания кремнезема и уменьшение окислов кальция, магния и алюминия) отмечается не только у аллювиальных, но и у моренных, флювиогляциальных и лессовых отложений. У лессовых и флювиогляциальных пород обнаружена тенденция к снижению концентрации ряда микроэлементов в южном направлении. Характерно, как и для аллювия, увеличение кремне-алюминиевого коэффициента в данном направлении у моренных, озерно-ледниковых и лессовых пород. Выделенные геохимические районы распространения речных осадков хорошо согласуются также с биогеохимическими, педогеохимическими и гидрогеохимическими провинциями Белоруссии («Геохимические провинции...», 1969).

Таким образом, геохимическое районирование территории аллювия, основанное на детальном изучении его фаций и литогенеза, всесторонне и полно раскрывает провинциальные геохимические признаки бассейна эрозии.

Необходимо заметить, что изучение осадков рек (шлиховый метод) применяется в основном как метод поиска главным образом на стадии геолого-поисковых работ. В связи с изложенным выше представляется, что геохимическое изучение речных отложений необходимо развивать в первую очередь на стадии геологосъемочных работ, направленных на выяснение строения, состава и на оценку потенциальной рудоносности территорий.

### **Состав речных осадков как отражение динамических фаз и палеогеографических условий формирования аллювия**

Формирование современных осадков рек Белоруссии происходит в разнообразных фациальных и геологических обстановках. Существенные признаки строения долин и состава аллювиальных осадков Днепра и Припяти связаны с преимущественным размывом средне- и верхнечетвертичных отложений и пострисскими процессами, для Немана и Западной Двины — с денудацией верхнечетвертичных отложений и постюрмскими процессами выветривания. По указанной причине

бассейны первых двух рек, особенно Припяти, характеризуются широкими долинами с блуждающими руслами и сложены перстративным аллювием; у вторых, относительно молодых рек, долины узкие с углубляющимся руслом и отложением инстративного аллювия. Это отражается в различиях фациальных обстановок современного речного осадконакопления, выявленных по анализу свыше 420 обнажений и скважин (табл. 34). Распространенность осадков русловой фации в указанных бассейнах имеет близкие значения, отражая нормальное отношение фаций, свойственное рекам умеренного пояса. Максимальное распространение старичных отложений у бассейна Припяти, поскольку река и ее притоки испытывают значительную фуракацию в условиях Полесской низменности. В Поднепровье интенсивная фуракация русла отмечается лишь в южной части (Приднепровская низменность); по развитию старичных осадков Днепр занимает промежуточное положение. Минимальное распространение стариц имеют Неман и Западная Двина. Видимо, несколько завышенное значение русловых осадков и пониженное пойменных у Припяти связано с трудностями выделения фаций в разрезе ее пойм, обусловленными накоплением речных осадков за счет перемытых песчаных пород с относительно малыми отложениями глинистого и илистого материала во время паводков.

Как видно из табл. 34, общим для речных осадков является их преимущественно песчаный характер (от 74,2 для Днепра до 85,2% для Припяти). В то же время бассейны Днеп-

Таблица 34

Распределение речных отложений территории Белоруссии по фациальному и литологическому признакам, %

Фация и литологический тип осадка	Припять	Днепр (без Припяти)	Неман	Западная Двина
Русловая	60,8	62,5	71,3	58,6
Пойменная	14,9	29,3	23,5	35,8
Старичная	24,3	8,2	5,2	5,6
Пески				
грубозернистые с валуно-галечным материалом	0,5	1,1	5,3	3,3
крупнозернистые	2,1	0,6	3,4	3,4
среднезернистые	16,0	14,6	19,2	13,8
мелкозернистые	67,1	59,0	62,3	58,5
Супеси	5,5	12,3	4,6	12,0
Суглинки	2,6	1,4	1,3	2,7
Глина	0,6	3,2	1,6	3,4
Илы	0,6	1,8	2,3	2,9
Погребенные почвы и торфяник и	5,0	—	—	—

ра и Припяти выделяются минимальными накоплениями валунно-галечного материала. Низкие значения супесь-глинистых осадков характерны для Припяти, а максимальные — для Днепра, что связано с широким размывом зандрового материала в первом бассейне и лессовых и моренных отложений во втором. Для долины Припяти специфично широкое распространение торфяников и погребенных почв. Глубокие врезы долин Немана и Западной Двины, сложенных моренными отложениями, обуславливают повышенное развитие валунно-галечного материала и крупнозернистых песков.

В табл. 35 приведен химический состав современных речных осадков республики. По бассейнам он рассчитан с учетом распространения фациальных разностей, а кларковый состав речных осадков республики с учетом развития аллювия по отдельным бассейнам.

Различия состава осадков северных (Неман и Западная Двина) и южных (Припять) рек явны не только по данным сравнения с кларковыми величинами для аллювия БССР, но и при сопоставлении осадков бассейнов в целом и их фациальных разностей в отдельности. С бассейном Припяти связано максимальное среднее содержание  $\text{SiO}_2$  и минимальное  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{K}_2\text{O}$ ; бассейн Западной Двины имеет максимальное значение  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  и минимальное  $\text{SiO}_2$ . Осадки Днепра в целом характеризуются промежуточными величинами компонентов. Бассейн Припяти по сравнению с другими выделяется минимальными (ниже кларковых для аллювия БССР) значениями содержаний  $\text{Ti}$ ,  $\text{Mn}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{Ni}$  и  $\text{Cu}$ . По  $\text{Zn}$ ,  $\text{V}$  и  $\text{Ni}$  днепровский бассейн занимает промежуточное положение между неманским и западно-двинским. с одной стороны и припятским — с другой (табл. 36).

По данным Г. И. Сачка (1970), озерно-аллювиальные и аллювиальные глины юго-восточной провинции, совпадающей с большей частью территории днепровского бассейна, выделяются среди других территорий республики максимальным содержанием  $\text{SiO}_2$  и низким  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  и  $\text{MgO}$ .

Закономерные изменения состава речных осадков при переходе от северных (Западная Двина) к южным (Припять) бассейнам, т. е. территориям с различными по продолжительности процессами постледникового выветривания, отражаются на величинах геохимических коэффициентов — показателей степени выветривания, которые соответственно уменьшаются: для  $ba$  от 0,78 до 0,61;  $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{SiO}_2$  от 0,04 до 0,02;  $\text{Na}_2\text{O} : \text{K}_2\text{O}$  от 0,52 до 0,46;  $\text{CaO} : \text{MgO}$  — 2,03 и 0,79 и увеличиваются для  $K_i$  от 21,71 до 37,61. Характерно промежуточное положение этих коэффициентов у Днепра (исключая  $\text{Na}_2\text{O} : \text{K}_2\text{O}$  и  $\text{CaO} : \text{MgO}$ ). В данном направлении возрастает величина отношений  $\text{Cr} : \text{Ni}$ , уменьшается  $\text{Mn} : \text{Ni}$ .

Средний химический состав (%) и отношения элементов современных речных отложений Белоруссии

Бассейн	Фация	Кол-во проб	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>
Западная Двина	русловая	18	90,23	0,85	4,33	1,00	0,47	0,67	1,27	0,02
	пойменная	39	85,56	1,59	5,20	1,43	0,75	0,79	1,53	следы
	по бассейну	57	88,45	1,13	4,12	1,16	0,57	0,71	1,36	0,01
Неман	русловая	25	91,02	1,44	3,02	0,63	0,41	0,63	1,14	0,04
	пойменная	31	87,17	2,12	3,51	0,60	0,31	0,60	1,41	0,03
	старичная	4	71,76	2,83	6,69	0,78	0,49	0,62	1,76	следы
	по бассейну	60	89,11	1,67	3,35	0,62	0,39	0,68	1,32	0,03
Днепр	русловая	24	92,58	0,95	2,86	0,48	0,17	0,52	1,24	0,13
	пойменная	55	87,23	2,05	4,49	0,68	0,29	0,63	1,53	0,23
	старичная	10	88,25	1,55	3,50	0,32	0,12	0,50	1,26	0,24
	по бассейну	89	88,65	1,22	3,39	0,52	0,20	0,55	1,31	0,16
Припять	русловая	26	93,93	0,75	1,86	0,31	0,2	0,22	0,56	—
	пойменная	49	87,98	1,32	3,36	0,55	0,59	0,39	0,92	0,12
	старичная	15	84,16	2,20	3,22	0,66	1,20	0,39	1,00	0,51
	по бассейну	90	90,66	1,20	2,41	0,43	0,54	0,33	0,71	0,19
Среднее для аллювия БССР		296	89,27	1,29	3,25	0,56	0,36	0,56	1,05	0,12

Бассейн	Фация	SiO <sub>2</sub> :Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :SiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O:K <sub>2</sub> O	CaO:MgO	$\frac{CaO+K_2O+Na_2O}{Al_2O_3}$
Западная Двина	русловая	20,83	0,04	0,52	2,12	0,67
	пойменная	16,45	0,06	0,51	1,90	0,52
	по бассейну	21,71	0,04	0,52	2,03	0,78
Неман	русловая	30,13	0,03	0,55	1,53	0,79
	пойменная	24,83	0,04	0,42	1,93	0,72
	старичная	10,72	0,09	0,35	1,59	0,47
	по бассейну	26,60	0,03	0,51	1,57	0,78
Днепр	русловая	33,33	0,03	0,41	2,82	0,74
	пойменная	19,42	0,05	0,41	2,34	0,63
	старичная	25,21	0,04	0,39	2,66	0,59
	по бассейну	26,15	0,03	0,41	2,60	0,68
Припять	русловая	50,50	0,01	0,39	1,14	0,58
	пойменная	26,15	0,03	0,41	0,93	0,55
	старичная	26,13	0,03	0,39	0,55	0,62
	по бассейну	37,61	0,02	0,46	0,79	0,61
Среднее для аллювия БССР		24,39	0,03	0,52	1,55	0,67

Среднее содержание микроэлементов в современных осадках рек Белоруссии,  $n \cdot 10^{-30}\%$ 

Бассейн	Кол-во проб	Ti	Mn	Cr	Ni	V	Cu	Zn	Zr	Co	Cr	Mn	Ti	Zr
											Ni	Ni	Zr	Ni
Западная Двина	119	126,3	24,8	6,0	3,1	5,3	0,7	—	16,6	—	1,9	8,0	7,6	5,3
Неман	207	50,2	20,9	9,8	4,8	1,1	6,4	5,0	9,6	0,3	2,0	4,3	5,2	2,0
Днепр	159	92,0	21,0	6,4	2,5	0,9	2,3	2,8	14,7	—	2,6	8,4	6,2	5,9
Припять	337	55,2	0,6	2,3	0,3	0,4	0,5	2,5	не опр.	0,2	7,7	2,0	—	—
Среднее для аллювия БССР	822	63,7	11,5	5,4	2,1	3,4	2,4	3,3	12,0	—	2,6	5,5	5,3	5,7

Таким образом, составы речных осадков бассейнов Белоруссии в сопоставлении друг с другом отражают особенности химической дифференциации, происходящей в условиях формирования различных динамических типов аллювия, вскрывают некоторые различия палеогеохимического развития северной и южной частей Белоруссии, связанные с процессами литогенеза и выветривания в течение верхнечетвертичного и голоценового времени.

**ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ  
В АЛЛЮВИАЛЬНОМ ЛИТОГЕНЕЗЕ**

В континентальном литогенезе процессы аллювиальной миграции и аккумуляции вещества сопровождаются дифференциацией химических элементов и их соединений.

Отдельные стороны дифференциации элементов при аллювиальных процессах затрагивались в трудах ряда исследователей. В частности, Н. М. Страховым (1954—1957) освещены вопросы переноса реками растворенных и взвешенных продуктов. Главный результат дифференциации вещества в речной сети, по его мнению, сводится к переотложению кластогенного материала в бассейне эрозии и выносу растворенных веществ за его пределы. Б. С. Луневым (1967) с позиций механической дифференциации рассмотрен химический состав аллювия в зависимости от геологического строения бассейна, неотектонических движений и т. д. А. А. Лазаренко (1962, 1964) исследованы некоторые закономерности распределения элементов по фациям и т. д.

Дифференциация элементов при аллювиальных процессах обуславливается их механическим накоплением преимущественно в форме устойчивых минералов: Si (в виде кварца), Ti (ильменит, рутил), Zr (циркон), самородных Au и Pt; химическими процессами — окисления (окислы и гидроокислы Fe и Mn), адсорбции элементов глинами и органическим веществом из речных вод (Ti, Mn, V, Cr, Ni, Cu), садки коллоидов (Si, Al, Fe), вторичного минералообразования (окислы Fe и Mn, глинистые минералы); биохимическими процессами жизнедеятельности организмов (накопление C — в растениях, Ca — в раковинах моллюсков, Si — диатомеями, Fe и Mn — микроорганизмами); испарением (солевые налеты Ca, Na, K, Mg, Cl) и т. д. Роль и сочетание этих процессов в ландшафтах и различных климатических условиях сильно варьируют.

На наш взгляд, химическая дифференциация в аллювиальном процессе не может быть сведена только к механическому

переносу и переотложению вещества. Такой подход не учитывает все стороны аллювиального литогенеза; он ведет к недооценке некоторых практических задач, вытекающих из геохимического изучения речных отложений.

Выделяются следующие этапы разделения элементов и их соединений в аллювиальном литогенезе:

1. При переносе материала речными водами. Дифференциация элементов и их соединений на этом этапе связана с растворением (разделение растворимых и нерастворимых соединений); истиранием и дроблением (механически устойчивых и неустойчивых минералов и обломков пород); гравитацией (тяжелых и легких минералов, садка коллоидов); с особенностями переноса вещества в различных гидродинамических условиях потока (разделение растворенного, взвешенного и влекомого материала) и т. п.

2. При отложении материала. Дифференциация элементов обусловлена различиями гидродинамического режима потока, химическими и биологическими процессами, фаціальными, геохимическими и другими условиями среды.

3. При диагенетических преобразованиях осадков (при уплотнении, обезвоживании осадка и переходе его в породу, синерезисе, вторичном минералообразовании, преобразовании органического вещества и т. д.).

4. Эпигенетическая дифференциация элементов в сформированных аллювиальных толщах под влиянием процессов педогенеза, подтока речных, грунтовых и глубинных вод и т. д.

Факторы, влияющие на разделение элементов в аллювиальном литогенезе, определяются: а) природой переносимого вещества (устойчивостью минералов к дроблению, истиранию, растворению, способностью соединений к адсорбции, ионообменным реакциям и т. д.); б) условиями переноса и отложения (гидродинамический режим потока, физико-химические процессы, ведущие к образованию труднорастворимых соединений, коагуляции коллоидов, избирательному накоплению элементов организмами, смешивание вод различного состава и т. д.); в) геологической и физико-географической обстановкой (геологическое строение бассейна, состав эродируемых пород, неотектонические движения, геоморфологическое строение речной долины, ландшафтно-климатические условия); г) хозяйственной деятельностью человека.

Геохимическая дифференциация и продукты аллювиального литогенеза подчиняются закономерностям зональности гипергенных процессов и их образований.

Взаимосвязанная с различными сочетаниями процессов и условий среды дифференциация элементов при аллювиальном литогенезе имеет часто сложный характер. В ряде случаев она завуалирована вследствие сложности геологического строения

и развития речных долин. Пространственная и временная химическая дифференциация вещества, переносимого реками, проявляется тем ярче, чем проще геологическое строение бассейна и сильнее развита речная сеть.

### Дифференциация элементов в процессах речного переноса и осадконакопления

Разделение элементов при указанных процессах является главным в химической дифференциации, сопровождающей аллювиальный литогенез. Основные закономерности разделения элементов при переносе и осаждении осадков в зависимости от фациальных условий и типа аллювия сводятся к следующему.

**Дифференциация элементов в процессе речного стока** прежде всего определяется формами транспортировки вещества речными водами — механической (влекомый и взвешенный материал) и химической (растворенный). Разделение материала при механическом переносе зависит от скорости потока, агрегатного состава размываемых пород и переносимых частиц, рельефа, растительного покрова и т. д. Химическая дифференциация определяется условиями растворения пород и минералов, коллоидными, химическими и биохимическими процессами.

Н. М. Страхов в речном стоке выделяет четыре группы компонентов в зависимости от их растворимости и формы переноса: 1) легкорастворимые соединения, мигрирующие в виде ионных растворов ( $KCl$ ,  $NaCl$ ,  $MgCl_2$ ,  $CaCl_2$ ,  $CaSO_4$ ,  $MgSO_4$ ); 2) среднерастворимые, переносимые в растворенной и частично во взвешенной форме ( $CaCO_3$ ,  $MgCO_3$ ,  $Na_2CO_3$ ,  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ); 3) малорастворимые, транспортируемые главным образом во взвешенном и менее — в растворенном состоянии ( $V$ ,  $Cr$ ,  $Ni$ ,  $Co$ ,  $Cu$ ,  $Fe$ ,  $Mn$ ,  $P$ ) и 4) труднорастворимые соединения, мигрирующие во взвешенном и влекомом состоянии (кварц, силикаты и алюмосиликаты). По миграционной способности и формам переноса в речных водах П. А. Удодов и П. М. Париллов (1961) выделяют следующие группы элементов: 1) мигрирующие в виде простых и комплексных ионов и коллоидов —  $As$ ,  $Ag$ ,  $(Mo)$ ,  $(Cd)$ ,  $Zn$ ,  $Cu$ ,  $(P)$ ,  $Pb$ ,  $Sb$ ; 2) слабо мигрирующие в виде ионов и коллоидов —  $Bi$ ,  $Cr$ ,  $Be$ ,  $Ni$ ,  $Co$ ,  $V$ ,  $W$ ,  $Mn$ ; 3) весьма слабо мигрирующие —  $Ba$ ,  $Ti$ ,  $Sn$ ,  $(Sr)$ ,  $Zr$ , переносимые только в форме комплексных ионов и коллоидов.

Скорости крупных рек бассейна Днепра в целом близки к  $0,3—0,7$  м/сек, т. е. они способны к переносу волочением частиц диаметром  $0,05—0,25$  и во взвешенном состоянии — до  $0,1$  мм. В периоды весеннего половодья или ливневых дождей

с возрастанием скоростей потоков переносятся и более крупные частицы.

Как показывают наши наблюдения, у современных рек бассейна Днепра преобладает переотложение главным образом мелкозернистых песков. Прареками бассейна с большей водностью потоков откладывались средне- и крупнозернистые пески. В периоды формирования аллювия надпойменных террас переносился и переотлагался в значительном количестве гравийно-галечный материал. В поймах в условиях половодий мигрировали и осаждались преимущественно тонкозернистые пески, супеси и глины. Изменения в скоростях речных вод, отражавшиеся на механической дифференциации, в разрезах аллювиальных толщ фиксируются переслаиванием материала с различной размерностью частиц и характером слоистости и т. д.

При механическом переносе в бассейне Днепра в разделении элементов преобладают Si, Al, Fe, K, Na, Ca и Mg. С понижением скоростей речного потока перенос и переотложение соединений Si несколько снижается с увеличением для Al, K, Na, Ca, а также микроэлементов, что видно из анализов русловых песков и пойменных наилок (табл. 37). При переносе гравийно-галечного материала преобладает перераспределение карбонатов Ca, Mg (при размыве осадочных пород), силикатов и алюмосиликатов K, Na, Ca, Mg (изверженных и метаморфических пород). Повышенные концентрации в илах ряда макро- и микроэлементов при садке речных взвесей способствуют обогащению ими песчаных наносов поймы.

Взвешенный материал Днепра в целом отличается от материала других рек повышенным содержанием кремнезема и пониженным остальными компонентами (Cyril S. Fox, 1949).

В бассейне Днепра со взвесьями связан преобладающий перенос Fe, Mn, Ni, Co. Высокую роль речных взвесей в переносе редких элементов отмечают Н. М. Страхов (1954, 1956) и М. А. Глаголева (1959) для элементов группы железа, Г. Д. Белицын и Н. Г. Зырин (1968) — для V, Ni, Cr; Н. П. Морозов (1969) — K, Li, Pb, Cs. С геохимической точки зрения состав взвесей и тонких фракций донных осадков является наиболее динамической средой во взаимоотношении химических элементов твердой и жидкой фаз, чутко реагирующей на изменение обстановок в речной сети, отражающихся в отношениях концентраций элементов в составе их поглощенного комплекса, солевых вытяжек и т. д.

В химическом переносе рек бассейна Днепра преобладают гидрокарбонаты кальция и магния (табл. 37). На миграцию и перераспределение железа и марганца и микроэлементов в растворенном состоянии оказывает огромное влияние органическое вещество с окружающих болотных массивов. С гуми-

Средний химический состав влекомого, взвешенного и растворенного вещества, переносимого реками бассейнов Днепра и Припяти

Снос	Осадок	Кол-во проб	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	Ti	Mn	Cr	Ni	V	Cu	Zn	Ba	
			%									n · 10 <sup>-3</sup> %							
<i>Бассейн Днепра</i>																			
Влекомый	песок	24	92,58	2,86	0,95	0,48	0,17	0,52	1,24	0,13	60	17	0,5	<1	0,3	0,1	10	21	
Взвешенный	наилк	3	65,23	7,14	3,44	1,14	0,30	0,70	1,38	0,78	200	57	2,0	<1	2,5	0,7	22	30	
<i>Бассейн Припяти</i>																			
Влекомый	песок	17	93,93	1,86	0,71	0,31	0,27	0,22	0,56	—	43	0,6	1,5	0,2	0,2	0,3	65	22	
Взвешенный	наилк	4	70,31	6,13	3,53	0,76	1,01	0,44	0,87	0,17	135	1,7	5,5	0,2	3,5	0,2	—	53	
Снос	Кол-во проб	HCO <sub>3</sub>	Ca <sup>''</sup>	MgO <sup>''</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>''</sup>	Cl <sup>''</sup>	Fe	NH <sub>4</sub>	Al	Ti	Mn	Ni	Mo	Cu	Pb				
		мг/л								γ/л									
<i>Бассейн Днепра</i>																			
Растворенный*	25	97,6—283,6	27,8—78,2	4,0—16,3	—	3,0—25,4	—	—	22,3	0,1	0,5	0,3	0,5	11,8	0,4				
<i>Бассейн Припяти</i>																			
	31	149,3	39,9	7,8	4,9	8,8	2,3	0,9	74,6	1,2	31,3	4,4	—	13,5	4,2				

\* По данным А. Л. Жуховицкой, А. А. Замяткиной (1964; «Геохимические провинции...», 1969).

новыми кислотами, например, в бассейне Днепра мигрирует до 63% Fe, 58% Mn, 75% Ni и 45% Cu.

Годовой химический сток Припяти, по нашим подсчетам, составляет (в тыс. т) для Si — 46,8, Ca — 477,6, Mg — 94,5, Na+K — 178,5, Fe — 25,7, S — 1,9; всего около 830 тыс. т. По данным О. А. Алекина и Л. В. Бражниковой (1963), сток Днепра равен для Ca 2402, Mg — 447, Na+K — 311, CO<sub>3</sub> — 4267, SO<sub>4</sub> — 368, Cl — 333.

По количеству переносимого материала в растворенной форме характер аллювиальной дифференциации элементов в бассейне Днепра определяется рядом: HCO<sub>3</sub> — Ca — Cl — Mg — SO<sub>4</sub> — Fe. Для рек СССР он составляет HCO<sub>3</sub> — Ca — SO<sub>4</sub> — Cl — Na — Mg (Г. А. Максимович, 1955).

Особенности химического стока рек, в том числе днепровского бассейна, отражены в работах О. А. Алекина (1958, 1963), А. Л. Жуховицкой, А. А. Замяткиной, К. И. Лукашева (1966), Г. С. Коновалова (1959), В. А. Кузнецова (1965), К. И. Лукашева и др. (1963), Г. А. Максимовича (1955) и др.

Суммируя данные по химической дифференциации в процессе речного переноса, можно констатировать следующие закономерности:

1. Дифференциация элементов определяется величиной и характером соотношений видов стока, составом речных и связанных с ними грунтовых вод, физическими параметрами состояния вод (температурой, количеством и составом газов и т. п.), биогеохимическими процессами растительных и животных организмов в водной среде, особенностями состава транспортируемых обломков минералов и горных пород и т. д.

2. Разделение элементов подчиняется широтной зональности, определяющей гидрохимические зональные типы фаций речных вод.

3. Существенное влияние на разделение элементов реками оказывает органическое вещество.

4. Процессы химической дифференциации при переносе не ограничиваются растворением материала и его выносом за пределы бассейна. Происходит активное взаимодействие состава речных вод с осадком (ионообменные реакции, адсорбция и т. д.).

5. Химические элементы, поступающие в речной перенос, в зависимости от форм их нахождения по-разному ведут себя по отношению к процессам осаждения. В составе механических частиц они переносятся на различные расстояния в зависимости от величины обломков, силы потока, способности минералов к растворению и т. д. В растворенной форме они мигрируют на значительные расстояния, частью выносятся за пределы бассейна или осаждаются в осадках при ионообменных реакциях, сорбции и т. д.

6. Дифференциация элементов в процессах переноса и отложения носит сезонный и, видимо, циклический характер.

Знание закономерностей разделения элементов в процессе речного переноса лежит в основе гидрогеохимических поисков месторождений полезных ископаемых, в том числе связанных с речными осадками. Возможно использование повышенных концентраций элементов в водах для поиска аллювиальных

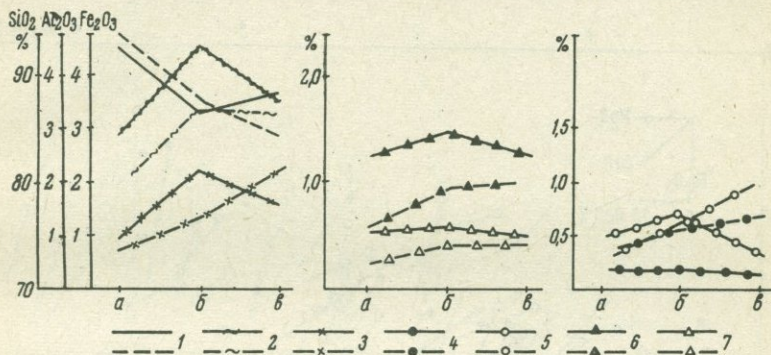


Рис. 18. Распределение макроэлементов в современных речных осадках Днепра (сплошные линии) и Припяти (штриховые) в зависимости от фациальных условий осадконакопления: фаши: а — русловая, б — пойменная, в — старичная; 1 — SiO<sub>2</sub>, 2 — Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 3 — Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 4 — CaO, 5 — MgO, 6 — K<sub>2</sub>O, 7 — Na<sub>2</sub>O

россыпей даже трудно мигрирующих элементов. Так, в водах над циркон-ильменитовыми россыпями отмечены повышенное содержание Zr, Ti, Cr, Ni, Be, Cu, Mn, V и Ba (П. А. Удодов, П. М. Париллов, 1961).

**Дифференциация элементов в связи с фациальными условиями осадконакопления.** Изучение закономерностей распределения химических элементов в осадках в зависимости от фациальной обстановки имеет важное значение в решении ряда проблем аллювиального литогенеза. Правильное определение фациальной среды необходимо при палеогеохимических и палеогеографических реконструкциях, выборе направлений поисковых работ на россыпные месторождения цветных и редких металлов, коллекторы нефти и газа, скопления янтаря и т. д., особенно связанные с погребенными аллювиальными свитами.

На протяжении ряда лет автором изучались указанные закономерности на примере современного и древнего аллювия бассейна Днепра и других рек Белоруссии.

В ряду осадков фаций нормального аллювия на территории БССР русловой — пойменной — старичной (табл. 35, рис. 18) отмечается постепенное снижение концентраций

кремнезема и возрастание глинозема. Особенно резко оно проявляется при переходе русловой — пойменный и русловой — старичный аллювий. Средние содержания  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{K}_2\text{O}$  для пойменного и старичного аллювия имеют близкие значения. В старичном аллювии наблюдаются максимальные концентрации  $\text{SO}_3$ , связанные с повышенным количеством органического вещества и его разложением.

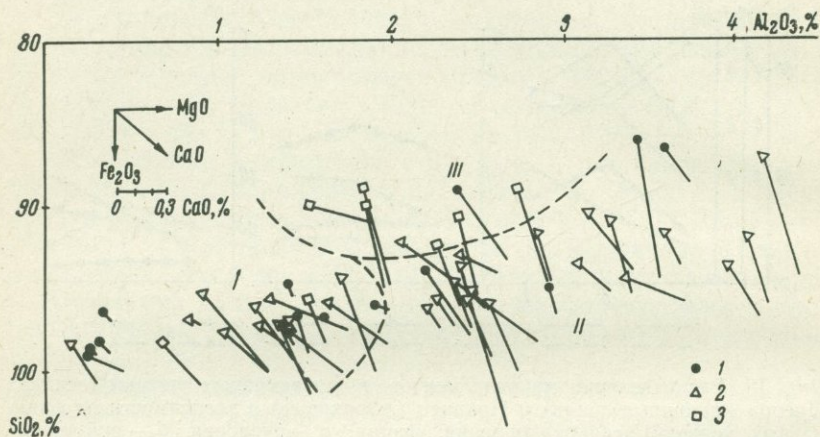


Рис. 19. Дифференциация состава современных песчаных отложений рек бассейна Припяти: аллювий: 1 — русловой, 2 — пойменный, 3 — старичный; поля песков: I — русловых, II — пойменных, III — старичных

Дифференциация элементов в зависимости от фациальной среды отмечается также в пределах литологического типа осадков. На диаграмме (рис. 19) русловые пески занимают преимущественно левое нижнее поле, характеризующееся повышенным содержанием  $\text{SiO}_2$  и низким  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; содержание  $\text{CaO}$  обычно невысокое. Поле пойменных песков смещается вверх вправо, отражая уменьшение значений отношений  $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$ ; карбонатный вектор имеет более высокие величины и отклоняется вправо от вертикали. Старичные пески, характеризуясь промежуточными концентрациями глинозема и низкими кремнезема, занимают верхнее поле; их карбонатные векторы по величине и положению сходны с пойменными, т. е. процессы распределения и фиксации железа, калия и магния в этих обстановках сходны.

Распределение микроэлементов в фациальном ряду также подчиняется закономерности, заключающейся в увеличении их концентраций при переходе от руслового к пойменному и старичному аллювию (рис. 20, 21). Степень увеличения концентрации в ряду голоценовый русловой — пойменный —

старичный аллювий, например, для бассейна Припяти (принимая концентрации элементов в русловой фации за 1) соответственно составляет у Ni 1 : 1,8 : 1,2, Cr — 1 : 1,8 : 1,5, V — 1 : 3 : 3,8, Cu — 1 : 2 : 2,1, Ba — 1 : 1,7 : 1,8, Ti — 1 : 1 : 2,5, Co — 1 : 0,8 : 2, Mn — 1 : 1,1 : 1,1. Аналогичная картина наблюдается для верхнечетвертичного аллювия этой территории: Cr — 1 : 6 : 2,7, Ni — 1 : 1,5 : 3, Cu — 1 : 1,4 : 6, Mn — 1 : 1,3 : 1,2, Ba —

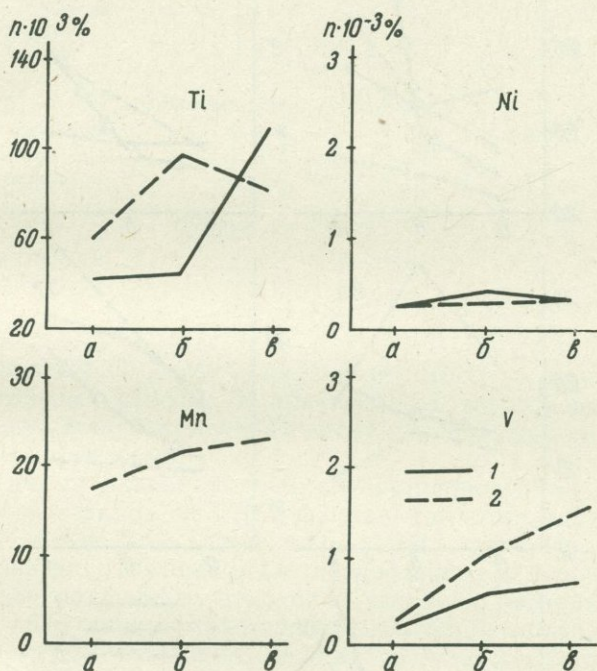


Рис. 20. Распределение микроэлементов в современных речных осадках Припяти (1) и Днестра (2) в зависимости от фациальных условий осадко-накопления: фации: а — русловая, б — пойменная, в — старичная

1 : 1,6 : 2,1, Ti — 1 : 2 : 2,3, Co — 1 : 0,6 : 1,2. В целом такая закономерность характерна и для средне- и верхнечетвертичного аллювия долины Днестра (см. рис. 16).

Указанная закономерность распределения элементов по осадкам различных фациальных комплексов определяет особенности распространения их в профиле речной долины (табл. 38).

В осадках фации торфяников, развитых в поймах Полесья, повышены содержания ( $n \cdot 10^{-3}\%$  на сухой вес) Ti — 33,8, Mn — 32,5, Cu — 1,0, Cr — 0,9 и Ba — 59,3. Особенности распространения элементов в них в прирусловой пойме опреде-

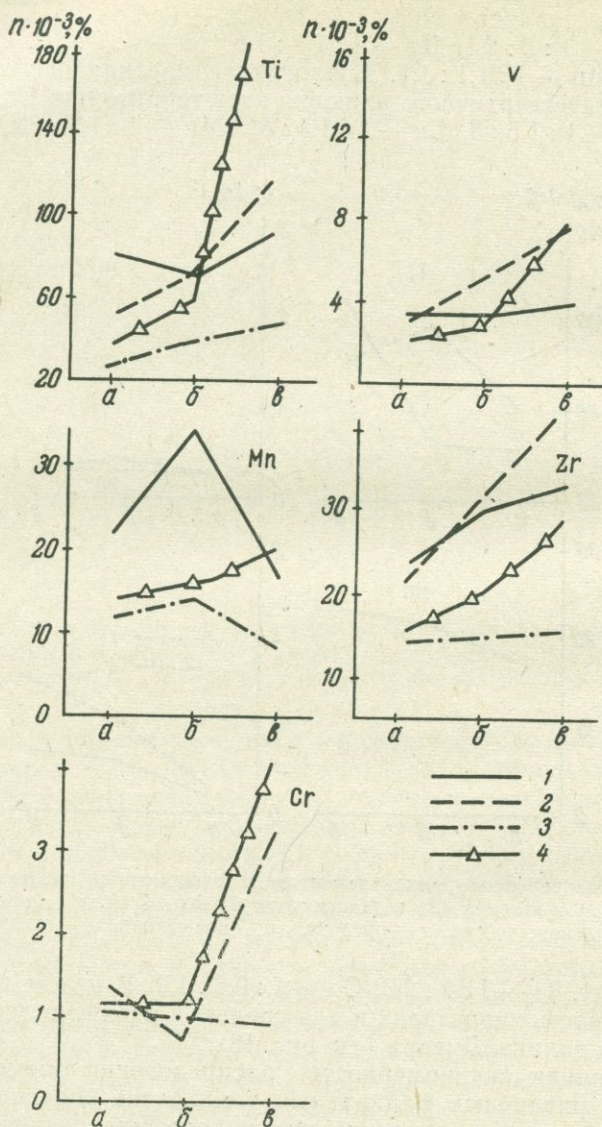


Рис. 21. Распределение микроэлементов в средне- и верхнечетвертичных аллювиальных песчаных отложениях бассейна Днепра в зависимости от фациальных условий осадконакопления: возраст отложений: 1 — александррийский, 2 — шкловский, 3 — муравинский, 4 — рутковичский; фации: а — в — те же, что и на рис. 20

Распределение микроэлементов в речных песках долин  
Птичи, Припяти и Ствиги,  $n \cdot 10^{-3}\%$

Участок	Mn	Cr	Ni	Co	V	Cu	Zn	Ba	Ti
<i>Птичь (д. Балашевичи)</i>									
Русло реки, стрежень	1	3	—	—	—	1	—	25	30
Приречная пойма	1	4	1	—	1,5	1	3	35	80
Внутренняя пойма	31	1,5	1	—	1,5	2,5	3	65	16
<i>Припять (пос. Стрельск)</i>									
Русло реки, стрежень	1	—	—	—	—	<1	—	20	80
Прирусловый вал	4	5	<1	<1	2	1	—	30	90
Внутренняя пойма	4,5	5	<1	<1	2	<1	—	30	105
<i>Ствига (д. Рычев)</i>									
Русло реки, стрежень	<1	1	—	—	—	1,5	—	15	50
Приречная пойма	<1	2	<1	—	1	1	—	15	70
Старица	1	5	<1	1	5,5	1	10	40	120

ляются главным образом примесью песчаных, а в центральной — наилочных наносов. В притеррасной части поймы распространение микроэлементов определяется гидрогенными и биогенными процессами.

Аналогичные нашим данным закономерности по распределению V, Cr, Ba, Sr, Zr и Ti в фациальных комплексах осадков установлены А. А. Лазаренко (1964) для Припяти и Днепра. Они же отмечены и для погребенного аллювия. Установлено, что накопление осадков в условиях различных фациальных сред сопровождается изменением соотношений элементов, близких по геохимическим свойствам. Отмечается (табл. 39) уменьшение величин кремнеглиноземного модуля  $SiO_2 : Al_2O_3$  в ряду русловый — пойменный — старичный аллювий, что по существу отражает различные гидродинамические условия отложения материала, ведущие к преимущественному отложению песчаных частиц в условиях русла и глинистых — в застойных водоемах стариц и пойм. При сравнении одних и тех же фаций аллювия разных территорий или возраста данный коэффициент выступает как показатель степени развития остаточных продуктов выветривания или преобразования их литогенных продуктов.

Весьма показательны различия величин коэффициента *ba* пойменных продуктов, отражающих степень выщелачивания осадков, их химической дифференциации, особенно в связи с инфильтрацией атмосферных и речных вод, а также педогенезом.

Величины геохимических коэффициентов для осадков рек бассейна

Фация	$\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{TiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{TiO}_2:\text{SiO}_2$
Русловая	$\frac{15,53 - 49,8}{47,27}$	$\frac{0,03 - 0,44}{0,05}$	$\frac{0,0004 - 0,004}{0,002}$
Пойменная	$\frac{5,53 - 702,7}{41,99}$	$\frac{0,02 - 0,11}{0,05}$	$\frac{0,001 - 0,009}{0,003}$
Старичная	$\frac{5,98 - 146,6}{35,63}$	$\frac{0,03 - 0,13}{0,06}$	$\frac{0,001 - 0,008}{0,003}$

В величинах  $\text{K}_2\text{O}:\text{Na}_2\text{O}$  для пойменного и старичного аллювия заметна тенденция к увеличению вследствие избирательного накопления калия растительностью. В осадках базальных горизонтов и гляциоаллювия данный коэффициент может указывать на характер размываемых пород и их соотношений, поскольку его величина для изверженных пород близка к 1, у глин — 2,8, песчаников — 3,3, известняков — 7,7. В составе поровых растворов (вытяжек) это отношение может быть показателем пресных (оно близко 1 : 10), морских (1 : 28) или осолоненных условий первичного осадкоотложения, либо степени протекающих диагенетических преобразований осадка.

Величины  $\text{TiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2:\text{SiO}_2$ , для которых отмечается тенденция к увеличению в ряду от русловой к пойменной и старичной фациям, отражают в определенной мере дифференциацию элементов в связи с различиями механического и коллоидного переноса и садки вещества.

Величина отношений  $\text{CaO}:\text{MgO}$  от русловых к пойменным осадкам возрастает в 2 раза, что связано с благоприятными условиями карбонатообразования в поймах.

Дифференциация элементов в разрезе поймы обусловлена сочетанием осадков русловой, пойменной и старичной фаций. В разрезе современных пойм бассейна Днепра при переходе от отложений русловой фации к пойменной наблюдается увеличение концентрации  $\text{Al}_2\text{O}_3$  в 1,5 раза,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  — 4,3,  $\text{CaO}$  — 3,7,  $\text{MgO}$  — 2,1, щелочных элементов — 1,3,  $\text{P}_2\text{O}_5$  — в 4 раза и уменьшение  $\text{SiO}_2$  — в 1,6 раза.

Как уже отмечалось выше, осадки половодной и русловой фаций перигляциального типа аллювия выделяются в целом пониженными по отношению к фациям нормального аллювия концентрациями микроэлементов и меньшей степенью вариаций их содержаний.

## Припяти в зависимости от фациальной обстановки

$K_2O:Na_2O$	$CaO:MgO$	<i>ba</i>	$Al_2O_3:Na_2O$
$\frac{0,77 - 4,33}{2,50}$	$\frac{0,11 - 1,34}{0,64}$	$\frac{0,17 - 1,87}{0,46}$	$\frac{1,16 - 15,83}{0,19}$
$\frac{0,54 - 15,00}{2,76}$	$\frac{0,13 - 12,23}{1,36}$	$\frac{0,02 - 5,42}{0,36}$	$\frac{0,28 - 59,79}{15,54}$
$\frac{1,20 - 7,64}{2,63}$	$\frac{0,18 - 3,15}{1,66}$	$\frac{0,19 - 0,80}{0,46}$	$\frac{4,26 - 22,27}{7,84}$

По дифференциации элементов в порядке увеличения концентраций здесь можно выделить фациальный ряд для Cr и Ni: русловая — половодная — размыва. Положение Ti, Zr, V несколько изменчиво, однако осадки русловой фации (как и у аллювия нормального типа) характеризуются минимальными их концентрациями (табл. 40).

На основе геохимических данных, изложенных в предыдущей главе, на наш взгляд, должны быть выделены продукты базальных горизонтов аллювия как осадки особой фации — размыва. Обстановка накопления материала в данном случае часто сочетается с глубоким размывом нового комплекса пород и отложением галечного материала и крупного песка, обогащенных тяжелыми минералами, с которыми могут быть связаны россыпи.

Таблица 40

Распределение микроэлементов в осадках фаций перигляциального аллювия II надпойменной террасы Днепра,  $n \cdot 10^{-3}\%$ 

Фация	Кол-во проб	Ti	Mn	Cr	Ni	V	Zr
-------	-------------	----	----	----	----	---	----

*Устье р. Марьянки*

Половодья	10	86	18,6	1,5	0,6	3,8	20,4
Русловая	2	21	12,0	1,0	0,3	1,8	5,8
Размыва	1	48	18,6	2,2	2,2	2,2	7,7

*Д. Ржавцы Оршанского района*

Половодья	4	40	20,5	0,9	0,3	1,7	6,1
Русловая	4	30	35,0	0,9	0,7	0,7	4,7
Размыва	2	45	46,0	1,2	0,6	1,4	7,0

У фации размыва по сравнению с осадками русловой фации несколько ниже концентрации Si, Fe и выше концентрации Al. Что касается Ca, Mg, K, Na, то их поведение (повышение или понижение концентраций) в большей степени определяется характером размываемых изверженных и осадочных пород. Как правило, в осадках фации размыва концентрации Ti, Cr, Ni, Mn, V повышенные. Базальные горизонты нормального аллювия четко выделяются высокими концентрациями Ti, Cr, Ni, V и других элементов (см. табл. 16). В этом отношении показательны даже спектрограммы разреза д. Бронное (см. рис. 6), где формирование базальных горизонтов происходило в условиях размыва относительно однородной песчаной толщи. У перигляциального аллювия эти горизонты выражены различной степенью четкости: у гляциоаллювиальных отложений они особенно четкие (разрыв между III и IV пачками разреза д. Дворец); в толще однородных песчаных осадков половодных фаций — менее отчетливы (см. рис. 5).

Учет специфики состава фации размыва имеет важное значение при интерпретации условий формирования аллювиальных толщ, изучаемых по данным бурения; при оценке палеогеохимических обстановок литогенеза; уточнении древних нитающих провинций, источников и путей сноса материала; выяснении возраста и генезиса погребенных долин, часто имеющих сложную природу формирования, а также при поиске погребенных россыпей.

**Дифференциация элементов в зависимости от типа аллювия.** Вопросы данного вида дифференциации элементов в аллювиальных отложениях разработаны пока слабо. Б. С. Луневым (1967) показаны различия между равнинным и горным аллювием. Первый тип осадков характеризуется высокими содержаниями кремнезема и малыми глинозема и окислов кальция, концентрации окисей железа и магния имеют близкие значения; второй, наоборот, — высокими содержаниями Al и Ca и малыми Si; хотя соотношения окисей железа и магния здесь имеют близкие значения, их абсолютные концентрации в 2—2,5 раза выше, чем равнинного аллювия. Эти различия главным образом связаны с формированием полимиктовых песков у горных и мономиктовых у равнинных рек, с неодинаковыми содержаниями галечника и тяжелых минералов, с разной степенью выветрелости и сортировки материала.

Перигляциальный аллювий территории БССР по сравнению с нормальным (табл. 41) характеризуется пониженным содержанием  $\text{SiO}_2$ , повышенным —  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ , что свойственно также осадкам одного и того же литологического состава и возраста нормального и перигляциального аллювия (табл. 42). На наш взгляд, это связано с тем, что в перигляциальных условиях преимущественно накапливаются тонкие

Средний химический состав песков в зависимости от типа аллювия, %

Таблица 41

Аллювий	Кол-во проб	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	п.п.п.	Автор	
Горный	119	73,37	13,08	2,02	4,81	1,03	2,57		0,05	1,07	Б. С. Лунев, 1967	
Горно-равнинный	118	85,78	6,81	1,93	1,71	0,97	1,72		0,02	1,51		»
Равнинный	240	93,77	2,21	0,99	0,74	0,38	1,42		0,58	0,74		»
Дельтовый	10	97,14	0,83	0,27	0,39	0,13	—	—	—	—	В. А. Кузнецов	
Нормальный												
Бассейн Припяти	100	95,42	2,15	0,73	0,34	0,26	0,33	0,26	следы	0,52	»	
Бассейн Днепра	133	90,18	2,66	1,15	0,74	0,38	1,18	0,62	0,15	1,52	»	
Перигляциальный	40	89,23	4,62	1,39	0,77	0,38	1,40	0,55	0,03	0,48	»	
Пески	253	78,66	4,78	1,08	5,52	1,17	1,77		0,07	1,64	F. W. Clarke, 1924	
Пески Русской платформы	1474	68,51	7,37	2,73	5,92	1,93	2,57		0,64	3,17		
Четвертичные песчаные породы Русской платформы	640	73,58	6,55	2,10	5,23	1,94	2,36	0,30	0,06	2,22	»	

Средний химический состав верхнечетвертичных аллювиальных отложений бассейна Днепра, %

Возраст	Осадок	Кол-во проб	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	п.п.п.
<i>Нормальный аллювий</i>										
Q <sub>3</sub> <sup>2</sup>	Песок	62	90,42	0,71	3,22	0,54	0,31	1,06	0,43	2,24
	Супесь	10	83,92	1,62	6,02	0,51	0,52	1,63	0,60	4,17
Q <sub>3</sub> <sup>1</sup>	Песок	10	92,71	0,86	2,98	0,43	0,11	1,21	0,39	0,23
	Супесь	12	82,74	1,73	8,83	0,62	0,58	1,77	0,66	2,24
<i>Перигляциальный аллювий</i>										
Q <sub>3</sub> <sup>1</sup>	Песок	17	87,77	1,40	5,12	1,02	0,44	1,74	0,69	1,19
	Супесь	22	76,30	2,14	7,56	1,30	1,02	2,36	0,86	6,82

пески и супеси и при быстром захоронении материала не происходит значительной дифференциации карбонатов, как это имеет место при теплом климате. В то же время по содержанию компонентов перигляциальный аллювий близок к составу как равнинного (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O), так и горно-равнинного типа (SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SO<sub>3</sub>) аллювия. Состав нормального типа аллювия бассейна Днепра и Припяти соответствует составу равнинного типа аллювия, установленному Б. С. Луневым.

Что касается дельтового аллювия, то его сравнение с другими типами носит в определенной мере приближенный характер, так как он на территории БССР представлен олигоценными отложениями, имеющими свою палеогеографическую специфику литогенеза. Однако он выделяется максимальным содержанием кремнезема и резко пониженным — глинозема, окислов железа, кальция и магния.

Сравнение перигляциального, нормального и дельтового аллювия территории БССР с данными Ф. В. Кларка, А. Б. Ронва и других показывает территориальную специфику аллювия вне зависимости от его типа — обогащенность SiO<sub>2</sub> и резко пониженные содержания Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO.

В главе II отмечалось, что перигляциальный аллювий выделяется по сравнению с нормальным пониженной концентрацией микроэлементов при малой вариации их величин; указывались различия осадков данных типов аллювия по составу водных и солянокислых вытяжек. Как показано ниже, в новообразованиях железа дельтового аллювия резко повышается концентрация Cr, V (см. табл. 62).

В предыдущей главе подробно были охарактеризованы различия континентального и дельтового речного литогенеза по

отдельным разрезам, выделены геохимические критерии для их разделения. В последнее время подобные исследования типов и фаций осадков получают все большее развитие, особенно по разработке критериев выделения пресноводных и морских осадков. Например, М. Л. Кейтом и Э. Т. Дегенсом (1961) показано, что в пенсильванской формации пресноводные сланцы (отлагавшиеся в дельтовых условиях) по сравнению с морскими беднее В, Li, F, Sr и богаче Ga и Cr. Ими совместно с Е. Д. Вильямсом (Е. Т. Degens, Е. G. Williams, M. L. Keith, 1957) показана возможность использования В, Rb, Ga для разделения указанных обстановок и генетических способов литогенеза.

Н. Ф. Шимп с сотрудниками (N. F. Shimp и др., 1969) также показали возможность применения В для указанных целей. Концентрации Cr, Ga, Ni, V, по их мнению, не всегда могут быть индикаторами пресноводных и морских сред и т. д.

Как видим, в решении этого вопроса нет пока однозначного ответа. По нашим представлениям, находка универсального критерия (подобно бору), видимо, не всегда возможна и поэтому целесообразна разработка местных критериев, каковыми могут быть: соотношения микроэлементов, состав вытяжек, поглощенного комплекса поровых растворов и другие геохимические особенности осадков.

### **Дифференциация элементов в зависимости от состава осадков и новообразований**

**Дифференциация элементов по литологическим типам осадков.** Закономерности распределения элементов в зависимости от литологических особенностей осадочных пород исследовались Н. М. Страховым (1957), К. Краускопфом (1959), А. П. Виноградовым (1956), К. И. Лукашевым (1958—1967) и др.

Распределение элементов в речных осадках Белоруссии в целом подчиняется закономерностям их распространения в ряду песок — супесь — суглинок — глина, в котором отмечается постепенное и закономерное уменьшение концентраций Si и возрастание Al, Na, K, Ca, Mg. Примером могут служить составы современных осадков рек бассейна Припяти и Днепра (рис. 22, табл. 43). В то же время отмечаются три особенности: 1) большая кремнеземистость и меньшая глиноземистость припятских осадков по сравнению с днепровскими (в соответствующих литологических разностях), что обусловлено спецификой припятской питающей провинции; 2) некоторое различие в формах кривых распространения щелочей. В бассейне Днепра с его разнообразием питающих провинций распределение элементов в речных осадках по рассматриваемым

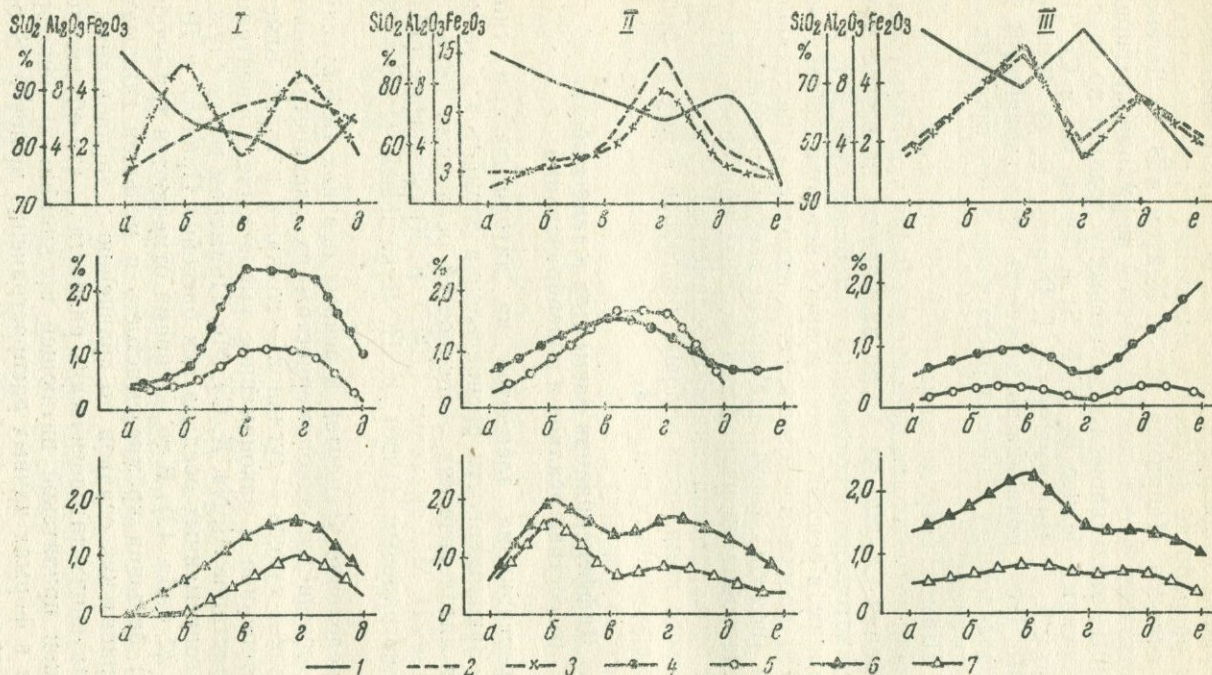


Рис. 22. Распределение макроэлементов в современных речных осадках бассейна Днепра в зависимости от их литологии: I — SiO<sub>2</sub>, 2 — Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 3 — Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 4 — CaO, 5 — MgO, 6 — K<sub>2</sub>O, 7 — Na<sub>2</sub>O; осадок: а — песок, б — супесь, в — суглинок, г — глина, д — ил, наносок, е — торф; бассейны: I — Днепра, II — Днепра с притоками без Припяти, III — Припяти

Средний химический состав литологических разностей современных речных отложений бассейна Днепра и Припяти, %

Осадок	Кол-во проб	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	п.п.п.
<i>Бассейн Днепра (без Припяти)</i>										
Песок	127	90,25	1,54	3,83	0,48	0,09	1,35	0,50	0,06	1,47
Супесь	25	79,40	3,39	6,48	0,77	0,22	1,76	0,60	0,24	6,12
Глина	12	68,30	5,29	10,10	0,93	0,30	2,36	0,80	0,36	10,10
Ил	6	86,67	1,37	3,92	0,45	0,05	1,40	0,60	0,21	4,82
Наилкок	8	65,23	3,44	7,14	1,14	0,30	1,38	0,70	0,78	18,75
Торф	6	39,94	1,73	4,02	2,12	0,15	1,00	0,30	1,10	50,30
<i>Бассейн Припяти</i>										
Песок	208	95,95	0,72	2,03	0,38	0,34	0,05	0,03	следы	0,14
Супесь	23	85,14	4,75	4,58	0,69	0,35	0,60	0,03	»	3,27
Суглинок	6	82,07	4,59	6,22	2,35	0,99	1,30	0,54	0,09	4,83
Глина	10	76,68	4,44	7,10	2,30	0,95	1,58	1,00	0,05	5,39
Ил	21	85,69	1,86	5,35	0,81	0,21	0,65	0,42	0,18	4,80

типам в ряде мест усложняется за счет размыва резко отличных по составу пород (известняки, лессы и др.).

Сложный характер дифференциации элементов отмечается для органогенного ряда илы и наилки — торф: уменьшение содержания SiO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, возрастание концентрации CaO, MgO.

В ряду пески — супесь — суглинки — глина концентрации большинства микроэлементов возрастают. Для современных русловых осадков Припяти, по нашим данным, дифференциация элементов в указанном ряду имеет следующие показатели (принимая концентрации элементов в песках за 1): для Ni — 1:8:7:15, Co — 1:3:2,5:3,5, Cr — 1:3,7:3,5:6, V — 1:2,1:6,6:15,6, Cu — 1:3,7:9,2:5,7, Mn — 1:0,8:9,7:1,2, Ba — 1:4,4:8,2:9,4 и Ti — 1:3:3,4:3,2. Концентрация Mn и Cu в глинах несколько ниже, чем в суглинках. Распределение микроэлементов в иловых осадках то же, что в глинах и суглинках.

А. А. Лазаренко (1964) для пойменных отложений Припяти отмечает увеличение концентраций в ряду пески — алевроиты соответственно ( $n \cdot 10^{-3} \%$ ): Ti — 10—100, Zr — 25—35, V — 1—3, Ba — следы — 30, Ni и Cu — следы — 1. Близкое возрастание концентраций в данном ряду он указывает для осадков русловой, пойменной и старичной обстановок Среднего Днепра, Десны и Оки. Дифференциация элементов в песках и алевроитах связывается им с гранулометрическими

особенностями осадков как в пределах отдельных фаций, так и в профиле речной долины.

Объяснение закономерностей распределения элементов в указанном ряду только величиной медианного диаметра недостаточно: необходим учет содержания органического вещества, в большинстве случаев являющегося неотъемлемой составной частью осадка, количество которого увеличивается с уменьшением размерности частиц. Влияние органического вещества, находящегося как в рассеянной, так и в концентрированной форме в осадке на дифференциацию микроэлементов в аллювиальном литогенезе огромно. С ним связано концентрирование элементов в илах и торфяниках, их перераспределение и аккумуляция при диагенетических и эпигенетических процессах и т. д. Так, в илах по отношению к пескам степень концентрации Ni составляет 2,5, Co — 5, Cr — 4,5, V и Cu — 7, Mn — 2, Ba — 5 и Ti — 2,5 раза. В современных старицах Днепра содержание микроэлементов в песках и илах соответственно составляет ( $n \cdot 10^{-3} \%$ ): Ti — 6—60 (среднее 20) и 30—209 (106), Mn — 1—8 (4,7) и 10—80 (23), Ba — 10—20 (13) и 20—50 (30), Zr — следы — 6 и 10—20 (14,6).

Высокая степень концентрации Cu, Ni, V, Ag, Pb, Ge и других элементов в осадочных породах объясняется К. Краускопфом (1959) также наличием органической составляющей и связанной с ней адсорбцией; химическим соосаждением, формированием металлорганических комплексов и избирательной аккумуляцией элементов растениями.

Максимальное концентрирование микроэлементов в речных осадках некоторыми исследователями связывается с глинистым материалом. Так, А. М. Кропачев (1958) в четвертичных глинах Предуралья отмечает концентрации ( $n \cdot 10^{-3} \%$ ): Mn — 11—76 (среднее 50), V — 10—16 (13), Co и Pb по 1. Высокое содержание этих элементов он объясняет адсорбцией их из речных вод глинистыми коллоидами и минералами и способностью образовывать в последних прочные связи со структурой глинистого минерала путем изоморфных замещений. И. Д. Зхус, Г. Г. Ильинская (1958) для аллювиальных глин Белгородского железорудного района приводят следующие средние содержания микроэлементов ( $n \cdot 10^{-3} \%$ ): Mn — 1,4, Ni — 1,4, Co — 1, Ti — 68, V — 7, Cr — 9, Cu — 2,2, Ga — 1 и Be — 0,8. Высокая концентрация микроэлементов ими ставится в прямую зависимость от обменно-погложительных свойств глинистых минералов.

Связывать повышение концентрации элементов в глинах только с адсорбцией глинистыми минералами недостаточно. Концентраторами здесь выступают также рассеянное органическое вещество, коллоидные соединения железа, кремния и алюминия.

Специфическими концентраторами элементов в литологическом спектре речных осадков выступают железные руды, лугвые фосфаты, мергели и т. д.

В литологическом ряду речных осадков для песков характерны обычно минимальные концентрации редких и рассеянных элементов. Однако к русловым пескам при определенных условиях могут быть приурочены россыпные месторождения Ti, Zr, Au, Pt, Sn, W и других элементов. Повышенные концентрации их в этих случаях обусловлены как составом размывающих пород, так и процессами аллювиальной дифференциации. В некоторых случаях вместилищами россыпей золота и платины являются плотиковые глины. Факторы распределения ценных минералов в россыпях рассматриваются Ю. А. Билибиным (1956), В. С. Трофимовым (1960, 1961), К. И. Лукашевым (1963, 1968) и др.

Рассматривая дифференциацию элементов в речных осадках, необходимо подчеркнуть три особенности, которые не всегда учитываются при поисковых работах. Во-первых, при современном уровне техники обогащения источником попутной добычи могут быть пески с нижекларковыми концентрациями Zr, Ti, Th, Pt, Sn, W и других элементов. Во-вторых, в обогащении элементами тех или иных литологических типов речных осадков участвуют не только механические, но и химические процессы дифференциации вещества (вторичное обогащение золотом отработанных россыпей и т. п.). В-третьих, важны повторные процессы перемыва и переотложения материала для формирования россыпей (обогащение дельтового аллювия в прибрежно-морских условиях — россыпи минералов циркона, титана, тория, редкоземельных элементов и т. д.).

**Закономерности дифференциации элементов в гранулометрическом спектре осадков.** Распределение элементов в литологическом ряду тесно связано с их дифференциацией в гранулометрическом составе осадков. Закономерности указанной дифференциации представляют большой интерес для изучения форм переноса и аккумуляции элементов при аллювиальном литогенезе.

Общей направленностью изменения химического состава речных песков в связи с их гранулометрическими свойствами является прямая зависимость концентраций Si, Na, Ca и обратная Al, Fe с уменьшением размерности частиц. В зависимости от соотношений содержания размерных фракций эта закономерность по-разному проявляется в осадках.

Состав галечников и гравия в большей степени зависит не от их величины, а от петрографических особенностей обломков и оказывается резко различным при размыве рекой изверженных, осадочных или метаморфических пород.

Среднее содержание элементов по фракциям современных русловых осадков бассейна Припяти  
(микроэлементы —  $n \cdot 10^{-3} \%$ , макроэлементы —  $\%$ )

Фракция, мм	Кол-во проб	Mn	Cr	Ni	Co	V	Cu	Pb	Zn	Be	Ba	Ti
2—1,5	5	8,8	—	—	—	0,6	0,3	—	—	—	29	29
1,5—1,0	14	12,4	—	—	—	0,6	0,4	0,7	—	—	16	24
1,0—0,5	15	11,1	—	—	—	—	0,7	—	—	—	45	18
0,5—0,25	20	12,3	1,0	0,2	—	1,2	2,2	—	—	0,3	51	21
0,25—0,1	24	12,2	2,7	0,2	—	1,2	3,1	—	—	0,2	52	38
0,1—0,075	25	15,4	3,2	—	—	1,4	1,5	—	3,2	—	45	125
0,075—0,01	26	82,0	21,5	0,8	—	7,7	2,5	0,5	26,8	—	115	472
0,01—0,005	23	113,0	32,3	3,0	0,6	8,6	8,0	1,4	19,1	1	352	289
0,005—0,001	35	88,0	33,0	4,1	1,5	11,0	8,2	2,3	18,0	1	371	326
<0,001	30	93,3	23,0	4,3	1,5	6,5	7,6	1,9	15,6	1	106	286

Фракция, мм	Кол-во проб	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O
0,5—0,25	1	98,84	0,77	0,21	0,85
0,25—0,1	10	97,36	1,30	0,27	0,44
0,1—0,075	11	97,23	2,01	0,33	0,48
0,075—0,01	10	94,43	3,50	0,48	0,57
0,01—0,005	6	62,26	11,74	4,53	5,08
0,005—0,001	9	47,04	15,33	6,74	6,45
<0,001	16	44,81	15,51	7,87	8,18

В составе песчаной части гранулометрического спектра осадков определяющее положение занимают кремний и алюминий (табл. 44), поскольку их главными минералами здесь выступают кварц и полевые шпаты. В бассейне Днепра в пределах Белоруссии во фракциях 0,1—0,05 мм речных осадков сосредоточено до 93% кварца и 14% полевого шпата, т. е. до 89 и 15% в расчете на породу. Аналогичная картина характерна для многих равнинных рек Русской платформы и Сибири. Однако для отдельных рек Кавказа, Средней Азии и других районов с широким развитием карбонатных пород в распределении элементов по фракциям осадка оказывают значительное влияние карбонаты кальция и магния.

В глинистой части спектра определяющими являются Si и Al. Интересно отметить, что содержание кремния хотя и падает с уменьшением размерности частиц (что связано с уменьшением концентраций кварца), все же во фракции <0,001 мм оказывается значительным. Как показывают наши (В. А. Кузнецов, 1965б) и другие исследования (Е. В. Аринушкина, 1939), это связано не только с глинистыми минералами, но и коллоидными образованиями кремнезема.

Тяжелая фракция аллювия бассейна Днепра и Припяти характеризуется соответственно следующими содержаниями макрокомпонентов, %: SiO<sub>2</sub>—25—31 и 25,2, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>—12,7—15,7 и 11,1, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>—9,4—16,2 и 11,7, FeO—18,6—19,9 и 19,2, CaO—4,7—5,3 и 4,0, MgO—4,4—5,2 и 3,4, K<sub>2</sub>O—0,2 и 0,2, Na<sub>2</sub>O—0,4 и 0,3. Распределение микроэлементов по фракциям имеет ряд особенностей (табл. 44): 1) их концентрация от фракций 0,25—0,1 к 0,075—0,01 мм закономерно увеличивается, что связано с ростом выхода тяжелых минералов; 2) резко повышено содержание Mn, Cr, Ni, Pb, Zn, Ba и Ti от фракции 0,1—0,075 к 0,075—0,01 мм, что обусловлено увеличением степени концентрирования рудных минералов в последней фракции; 3) наблюдается некоторый спад содержания элементов во фракциях 0,005—0,001 и менее 0,001 мм, что связано с переходом к адсорбционной и изоморфной формам нахождения элементов в глинистых минералах. В последних двух фракциях высоки концентрации микроэлементов по сравнению с фракциями крупнее 0,25—0,1 мм (где они находятся в форме аксессуариев, изоморфного замещения и в рассеянном состоянии в породообразующих минералах — кварце, полевых шпатах, слюдах и др.).

Распределение радиоактивных элементов по фракциям в голоценовом и верхнечетвертичном аллювии БССР характеризуется следующими величинами: для U —  $10 \cdot 10^{-4}\%$  во фракции 1—0,25 мм и  $2,6 \cdot 10^{-4}\%$ —0,25—0,01 мм; для Ra — от  $(0,2—0,28) \cdot 10^{-12}$  г/г во фракциях 1—0,10 мм до  $0,57 \cdot 10^{-12}$ —0,1—0,01 мм («Геохимические провинции...», 1969).

Для осадков четвертичной толщи Белоруссии сходное с аллювием распределение элементов по гранулометрическому спектру выявлено у моренных отложений, лессов и флювиогляциальных песков («Геохимические провинции...», 1969).

Аналогичные закономерные изменения микроэлементов в легких фракциях отмечены для неогенового аллювия разреза Житковичей. Так, концентрации элементов возрастают в ряду фракций 0,25—0,1; 0,1—0,075 и 0,075—0,01 мм в среднем по 26 пробам ( $n \cdot 10^{-3}\%$ ) соответственно: для титана — 21—25—50, марганца — 2,2—2,2—3,4, хрома — 0,4—1,7—1,7 и т. д.

Для аллювия близкие зависимости химического и гранулометрического составов установлены Б. С. Луневым (1967) по рекам Приуралья и других территорий СССР, Е. В. Громовой (1953) для Дона, М. А. Глаголевой (1959) для рек Черноморского бассейна.

Основные концентрации микроэлементов приходятся на тяжелую фракцию с удельным весом  $> 2,29$ . Концентрирование элементов рудными минералами проявляется ярко при сравнении их содержания в тяжелых и легких фракциях одной и той же размерности (табл. 45).

Из таблицы видно, что содержание Cr, Co, Ni в ассоциации тяжелых минералов значительно выше, чем у легких; для Mn и Cu не наблюдается таких различий. В ассоциации тяжелых минералов Днепра установлены следующие концентрации элементов по данным изучения 20 проб (табл. 46).

Сведения о составе фракции менее 0,001 мм приведены ниже (см. табл. 64, 66).

Данные распределения элементов по фракциям в настоящее время все шире используют при решении геологических вопросов. В частности, на примере речных осадков Канады показано, что Cu, Pb, Zn, Ag и Ba концентрируются в немагнитной составляющей тяжелой фракции. В ассоциации тяжелых минералов осадков из районов распространения

Таблица 45

Содержание микроэлементов в тяжелых и легких фракциях современных песчаных осадков рек бассейна Припяти,  $n \cdot 10^{-3}\%$

Фракция, мм		Cr	Mn	Co	Ni	Cu
0,25—0,1, легкая	тяжелая	не обн.—3	20—50	не обн.	не обн.—0,6	1—5
		7—100	7—50	не обн.—0,9	5—20	3—5
0,01—0,075, легкая	тяжелая	не обн.—1	10—70	не обн.	не обн.	1—5
		7—30	7—30	не обн.—0,9	0,5—3	3,7
0,075—0,01, легкая	тяжелая	3—7	10—100	не обн.	не обн.—0,7	1—7
		7—50	7—100	не обн.—2	не обн.—7	1—5

Среднее содержание микроэлементов в тяжелых фракциях современных осадков Днепра,  $n \cdot 10^{-3} \%$ 

Фракция, мм	Mn	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Ti	Zr
0,5—0,25	100	72	17	9	64	123	3000	3500
0,25—0,1	100	134	10	5	41	141	3000	4000
0,1—0,075	35	141	20	10	37	57	3000	2600

Фракция, мм	Y	La	Nb	Sn	Mo	Ag	Ga
0,5—0,25	15	8	3	30	—	—	<1
0,25—0,1	4	8	3	3	—	—	<1
0,1—0,075	3	8	1	2	15	<0,1	1

гранитов и скарнов высокие содержания имеют Sn, W, Mo, Bi, Nb, а районов развития основных пород — Ni, Co, Cr (R. W. Boyle, M. Shafiqullah, 1968).

Интересные результаты по распределению элементов в гранулометрическом спектре речных отложений получены К. Ф. Хоскинггом и его учениками при изучении рек Корнуэлла (Англия). Установлено, что распределение Sn и W в осадках р. Меналхил определяется не только содержанием тех или иных фракций, но и расстоянием от рудных жил. Максимальные концентрации Sn и W связаны с фракциями 80—97 меш\*, при этом наибольшая концентрация олова в этой фракции проявляется четко на расстоянии до 1,5 км (К. F. G. Hosking и др., 1962).

Содержание Sb, Pb, As, Cu и Zn во фракции 80 меш использовалось при поисках аллювия минерализованных зон в Корнуэлле, а Be, P, Zr, Sn, Cu — для оконтуривания территории развития интрузивных фаз массива Карменеллис (К. F. G. Hosking и др., 1963, 1964). В массиве Сант Аустел ореолы распространения тонкозернистых гранитов по сравнению с их грубозернистыми разностями подчеркивались низкой концентрацией P и высокой — Be, остатки эффузивной кровли — по повышенным содержаниям Ni и Cr, а зоны гидротермальной каолинизации — по высоким отношениям K:Na в речных осадках, дренирующих массив (D. C. Mitchell, Y. H. K. Migenyi, 1965). По содержаниям Li, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Cr, K<sub>2</sub>O в этой фракции русловых осадков выделены ореолы распространения продуктов высоко- и низкотемпературных фаз

\* Фракция 80 меш (менее 0,20 мм) является основной при изучении речных отложений в поисковых целях в Англии и других зарубежных странах.

массива, представленные биотитовыми и литиевыми флюоритовыми гранитами (J. Y. Lee, S. K. Olinze, 1965).

Закономерности распространения микроэлементов во фракции 80 меш русловых осадков использованы для изучения металлогенических и геохимических провинций территории Сьерра-Леоне, характеризующейся значительной закрытостью территории лесами (R. G. Garret, I. Nickol, 1967).

Повышенное содержание Cr в речных и дельтовых осадках Японии обычно связано с глинистой фракцией менее 0,075 мм (K. Shiraki, 1966). В районах распространения гранитных пород концентрации этого элемента в ней составляют  $0,9 \cdot 10^{-3}$ , а ультраосновных — до  $42 \cdot 10^{-3}\%$ . И. Азума (Iijima Azuma, 1964) применял данные по хрому в четвертичных речных осадках для выяснения палеогеографических условий о. Хоккайдо. Концентрация хрома используется как показатель содержаний глинистой составляющей в осадках (R. Mooge, 1963) и индикатор пресноводных условий осадко-накопления (E. T. Degens и др., 1957).

Обобщая данные по дифференциации элементов в гранулометрическом спектре речных осадков Белоруссии и других районов, можно сформулировать следующие общие закономерности и выводы: с уменьшением размерности фракций увеличивается концентрация микроэлементов, обусловленная ростом выхода тяжелых минералов и переходом к ассоциациям глинистых минералов; концентрация микроэлементов в той или иной фракции осадка определяется расстоянием его от рудного тела; распределение элементов в тяжелой фракции в зависимости от обстановки аллювиального литогенеза сводится к следующим особенностям: в ряду равнинный — горно-равнинный — горный тип аллювия характерно обогащение фракции Si, Al, Ca и Mg; вниз по течению рек отмечается уменьшение концентраций K, Na, Ca, Mg, Mn и увеличение — Ti, Zr; в связи с климатической зональностью в составе тяжелой фракции от районов холодных к теплым отмечается возрастание концентрации Ti, Zr и других элементов.

Закономерности распределения элементов в гранулометрическом спектре осадков помогают выяснению особенностей геохимии речного литогенеза, раскрытию геологических и палеогеохимических закономерностей бассейнов эрозии, изучению геохимических провинций в сельскохозяйственных и медицинских целях, поиску полезных ископаемых.

**Дифференциация элементов по минералам речных осадков.** В форме собственных минералов в речных отложениях бассейна Днепра встречаются Si (кварц, силикаты и др.), Al (алюмосиликаты), Ca (кальцит, арагонит), K и Na (слюды), Mn (вады, псиломелан, марганокальцит), Zr (циркон),

Ti (рутил, ильменит), Ba (барит), Sr (уваровит). Основное количество микроэлементов, видимо, сосредоточено в форме изоморфной примеси и атомарного рассеивания в кварце, алюмосиликатах, силикатах, окислах железа и карбонатах, в адсорбционной форме на поверхности глинистых минералов, гидроокислов железа и марганца.

С точки зрения форм нахождения и поведения в процессах аллювиального литогенеза мы подразделяем элементы на две группы: 1) в терригенных минералах, дифференциация которых связана главным образом с механическим разделением минералов в процессе переноса и осаждения, и 2) в новообразованиях, дифференциация их определяется физико-химическими, коллоидными и другими процессами, происходящими при сингенезе, диагенезе и эпигенезе речных осадков.

По распределению элементов в минералах существует обширная литература, освещающая их дифференциацию при магматических, метаморфических и гидротермальных процессах. Эти данные широко используются при решении металлогенических и петрогенических проблем, прогнозе и поиске полезных ископаемых. Однако применительно к решению проблем континентального, в том числе аллювиального, литогенеза эти вопросы совершенно не разработаны. Здесь остановимся на некоторых из них.

**Терригенные минералы.** Изучение геохимических особенностей терригенных минералов речных осадков лишь начинает развиваться и, на наш взгляд, должно идти в направлении использования их в поиске новых методов выявления путей транспортировки материала и источников сноса, районирования питающих провинций, уточнения времени седиментогенеза, определения глубин эрозионных срезов и зональности оруденения погребенных интрузий, выяснения металлогенических особенностей древних кор выветривания, корреляции осадков и решения палеогеохимических аспектов речного литогенеза и т. д. Материалов по данному вопросу пока недостаточно. В этой связи имеет большое значение систематическое накопление и обобщение данных по геохимическим особенностям отдельных минералов осадков.

В долине Днепра начато изучение фосфатов, граната, биотита, турмалина, кварца, полевых шпатов и других минералов (табл. 47). Терригенные фосфаты представлены хемогенной и органогенной разностями. Состав отдельных разновидностей близок к курскиту и характеризуется содержанием (%):  $P_2O_5$ — 34,03, CaO — 42,58,  $H_2O$ — 0,96, п.п.п.— 5,29. Содержание микроэлементов в хемогенных фосфатах дано в табл. 47. В органогенных разностях обычно отмечается повы-

Содержание микроэлементов в терригенных минералах четвертичных речных отложений долины Днепра,  $n \cdot 10^{-3} \%$

Минерал	Кол-во проб	Ti	Mn	Cr	Ni	V	Cu	Zr	Ga	Ba
Кварц	6	1—20	1—20	0,8—1	не обн.—0,6	не обн.—1	0,1—0,2	не обн.—1	не определялись	
Полевые шпаты	4	30—45	5—30	0,8—1	не обн.—0,3	не обн.	0,2—0,4	1—8	»	
Роговая обманка	2	>500	>500	20—30	0,6—0,7	20—25	не обн.—0,1	не обн.—3	»	
Гранаты	4	20—30	>500	20—30	не обн.	1—2	0,5	3—20	2	?
Биотит	4	5—20	50—100	—	не обн.—1	1	—	—	—	30
Турмалин	1	400	200	100	5	1	—	10	20	—
Ильменит	1	?	>500	5	0,5	?	0,5	—	—	—
Фосфаты	2	180	295	1	0,5	2,5	1,7	52	1,5	400
Лимонит	1	200	>500	10	0,7	3	0,5	—	—	40

шенная концентрация Ва (в 3 раза больше, чем в хемогенных), V (1,5) и пониженная — Ti (10), Zr (7) и Pb (в 3 раза). Составы фосфатов из речных осадков и флювиогляциальных отложений почти одинаковы. Однако последние имеют более высокое содержание Ti (в 4,7 раза), Zr (2,6) и пониженное Ва (4) и Cu (1,7).

Отмечаются различия в содержаниях элементов в фосфатах речных осадков, взятых в районах Могилева и Быхова (соответственно в  $n \cdot 10^{-3}$ ): для Ni — 0,4 и 0,7, V — 1,7 и 3,2, Cu — 0,5 и 3, Ti — 120 и 240, Mn — 250 и 340, Ва — 300 и 500, Zr — 3 и 108, Pb — 2 и 3 и Sr — 50 и 80. Они могут быть связаны с разными источниками обломочного материала или с сорбцией микроэлементов при речном переносе и захоронении фосфатов.

Значение использования состава фосфатов речных осадков при решении геологических вопросов показано в работе К. И. Лукашева, С. Л. Шиманович, В. А. Кузнецова (1970).

Среди гранатов основную массу составляют альмандины, реже гроссуляры; в бассейне Припяти встречены уваровиты. Распределение микроэлементов в альмандинах речных осадков, взятых в различных районах долины Днепра, свидетельствует об их однородности.

Биотиты из различных мест в целом имеют близкий состав. Однако для района г. Быхова характерны по сравнению с районом г. Могилева большие концентрации Ti (в 4 раза) и Mn (2), что связано с различной степенью выветрелости слюд. Биотит из осадков Днепра выделяется повышенными концентрациями Sr (в 2—3 раза) и низкими V (15—40), Cu (8) и других элементов по сравнению с биотитом других районов.

В турмалине среди микроэлементов отмечается Ti (0,4), Mn (0,2%) и примеси Ni, Sr, V, Zr, Be и Ga. Турмалин из осадков Днепра выделяется повышенными концентрациями Ti (в 4 раза), Sr (20) по сравнению с турмалином других районов и пониженными Co, Ва и Sr.

Кварц присутствует в виде прозрачных, полупрозрачных, непрозрачных и ожелезненных разновидностей. В непрозрачных зернах кварца отмечаются повышенные содержания титана ( $20 \cdot 10^{-3}\%$ ), в то время как его концентрации в других разновидностях колеблются в пределах  $(1-10) \cdot 10^{-3}\%$ . Кварцы из неогеновых речных отложений часто серовато-белые с синеватым оттенком, мучнистые, а из четвертичных серые, белые с желтоватым оттенком.

Кварц из аллювиальных неогеновых и морских палеогеновых отложений Полесья характеризуется следующими содержаниями микроэлементов (данные 18 анализов,  $n \cdot 10^{-3}\%$ ) соответственно: для Ti — 17 и 15, Mn — 3,0 и

2,6, т. е. имеют близкие значения, свидетельствуя об общности источников сноса материала, а также формирования неогеновых осадков за счет размыва палеогеновых. В то же время кварц из четвертичных осадков отличается от кварца из палеоген-неогеновых отложений повышенными содержаниями титана и марганца.

Полевые шпаты представлены белыми, розовыми, красными и серыми разностями. В ряду белые — красные — серые разности отмечаются концентрации соответственно ( $n \cdot 10^{-3}\%$ ): титана — 30—40—45, хрома — 0,8—0,9—1,0, меди — 0,2—0,4—0,4 и циркония — 8—5,3—3.

Различия в концентрациях микроэлементов в отдельных разностях минералов необходимо методически учитывать при отборе материала и сопоставлении результатов анализа мономинеральных фракций.

К. И. Лукашевым, С. Л. Шиманович, В. А. Кузнецовым (1971) выявлено, что гранаты, роговая обманка, взятые из современного руслового аллювия Днепра в различных местах, в целом имеют сходный состав, что связано с единой питающей провинцией современных речных осадков. Единство питающей провинции и формирование аллювиальных осадков за счет флювиогляциальных и моренных отложений подтверждается не только изучением их минерального состава, о чем сказано выше, но и данными распределения микроэлементов в кварце, полевых шпатах, гранатах, роговой обманке и фосфатах отложений указанных генетических типов. Интересно отметить, что в кварцах, полевых шпатах, роговых обманках и гранатах осадков различного генезиса от налибковского и березинского к брестскому времени отмечается закономерное повышение концентрации титана. Кварц, полевые шпаты и другие минералы из южной части бассейна Днепра отличаются от кварцев северных районов более высокой концентрацией циркония, что, видимо, обусловлено пригносом вещества с Украинского щита и его региональными геохимическими особенностями.

Изучение состава терригенных минералов Белоруссии свидетельствует о некоторых различиях питающих провинций, уточняет источники сноса материала. Подобное исследование минералов современных и древних речных осадков Припяти (а также Немана) может оказаться решающим при выяснении путей стока, глубины эрозионного среза и геохимических особенностей изверженных и метаморфических пород Белорусского и Украинского массивов и их кор выветривания, скрытых под чехлом четвертичных осадков, а также при поиске глубинных руд в пределах Центрально-Неманского аномального участка и погребенных россыпей на юге Полесья.

Исследования аллювиальных отложений в данном направлении пока единичны. Наибольший интерес представляют следующие.

По составу кварца и полевых шпатов древних речных осадков удалось выявить территории питающих палеопровинций и показать глубину эрозии магматических plutонов в различные периоды развития речной сети в девоне (W. H. Deppel, 1967).

При изучении магнетитов из осадков рек Пьемонтского пояса США установлено, что повышенные содержания в них Mn, Ti, Cr и Cu связаны с породами метаморфического комплекса, а магнетиты, богатые Sn, Be, Zr и Pb, обычно оконтуривают территории размыва гранитных интрузий. Эти данные были использованы для геохимического разделения питающих провинций (P. K. Theobald, Jr. W. C. Overstreet, C. E. Thompson, 1967).

Изучение иллитов из русловых и маршевых осадков залива Довей (Англия) показало прямую зависимость между содержаниями бора и соленостью вод (T. D. Adams, J. R. Napes, C. T. Walker, 1965). По его концентрациям была реконструирована обстановка накопления осадков угленосной серии Йордаль, отлагавшихся в условиях прогрессивного опреснения водоемов и смены морской среды на континентальную с соответствующим понижением содержаний бора от  $37 \cdot 10^{-3}$  до  $19 \cdot 10^{-3}\%$  и солености от 0,029 до 0,012%.

Исследование геохимических особенностей отдельных минералов аллювия точнее характеризует состав питающих провинций, так как при этом (в отличие от изучения руслового осадка в целом и его отдельных фракций) отпадает необходимость в учете, не всегда возможном, изменений состава материала при его транспортировке и осаждении.

**Вторичные минералы.** Дифференциация элементов в аллювии в диагенетическую и эпигенетическую стадии литогенеза особенно четко раскрывается в связи со вторичными минералами. В процессах гипергенного минералообразования при аллювиальном литогенезе происходит концентрирование Si при формировании опала и халцедона, Fe — гематита, гидрогематита и лимонита, Mn — вада, псиломена, Ca и Mg — кальцита, доломита, K и Na — глинистых минералов, P — вивианитов и S — при образовании пирита, марказита, гипса и т. д.

Например, при формировании карбонатов в озерно-аллювиальных лессах БССР отмечается концентрирование CaO в  $11$ ,  $CO_2$  в  $6,3$  раза по сравнению с вмещающим осадком. При карбонатообразовании в речных осадках Полесья происходит обогащение Mn в  $2,7$  раза, Cr —  $2,2$ , Ba — до  $2,2$  и обеднение Ni — до  $1,5$ , Co —  $2-4$ , V —  $1,5-2$  и Cu — до  $2$  раз;

во вторичных окислах железа концентрация Mn возрастает в 5—20 раз, Ni — 1,5—2, Cr — до 1,5, V — 1,5—5, Cu — 1,5—2, Zr — до 20, Ba — до 6 и Ti — до 2 раз. Глинистые минералы обычно обогащены Ti, V, Cr, Cu и другими микроэлементами. Близкие результаты получены В. В. Добровольским (1959) при изучении карбонатных конкреций Центрально-Черноземной зоны, в которых отмечено обогащение Ca в десятки раз, Sr в 2—3 раза и обеднение Ni, Co, V в 1,5—2 раза.

Исследованиями установлено, что распределение микроэлементов во вторичных окислах железа осадков Днепра и других рек БССР носит сложный характер, в целом подчиняясь логнормальному закону. Содержание Ti, Cr, Ni, Cu и V оказывается ниже, а Mn, Zr и Ba выше их кларков для земной коры. Надо признать, что отношения содержания микроэлементов в новообразованиях к их кларку земной коры вряд ли могут быть использованы в качестве поискового признака.

Анализ степени концентрирования микроэлементов в железистых новообразованиях (отношение содержания элементов во вторичных минералах к вмещающим осадкам) показывает, что для большинства из них она не превышает 5. Исключение составляют Mn и Ti, у которых максимальные величины соответственно равны 12 и 60. Отношения содержаний железа и микроэлементов в осадках Днепра и других рек Белоруссии (в районах, не содержащих на поверхности рудных месторождений) характеризуются высокими значениями: для Fe:Co — 363—1450, Fe:Ni — 967—5930, Fe:Cr — 290—1977, Fe:Cu — 753—4488. Сравнение их с отношениями элементов в железистых новообразованиях и рудах аллювиального генезиса, формировавшихся за счет продуктов выветривания серпентинитовых массивов Урала и их месторождений, показывает, что последние резко обогащены микроэлементами. Содержание окиси хрома в них достигает 1—3, а окиси никеля — 0,01%; отношения Fe:Ni и Fe:Cr характеризуются низкими значениями соответственно 17—67 и 10—40 (А. Л. Яницкий, 1965). Следовательно, степени концентрирования микроэлементов, их ассоциации и величины отношений к железу в новообразованиях могут оказаться дополнительными критериями при поисках месторождений, связанных с аллювиальными россыпями и коренными рудопроявлениями; при определении состава погребенных кор выветривания, за счет которых формируется аллювий, и т. д.

На палеогеохимические аспекты изучения микроэлементов в новообразованиях указывали М. Л. Кейт и Э. Т. Дегенс (1961), А. В. Македонов (1966). Последним, в частности, отмечается, что новообразования гидроморфного ряда

Распределение аморфных окислов Fe, Al и Si в современных осадках рек Белоруссии, % на прокаленную навеску (по методу Тамма)\*

Фация, осадок	Кол-во проб	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
<i>По фациям</i>				
Русловая, пески	6	$\frac{0,03-0,17}{0,10}$	$\frac{\text{не обн.}-0,14}{0,04}$	$\frac{\text{не обн.}-0,14}{0,04}$
		$\frac{0,35-0,38}{0,37}$	$\frac{0,31-0,32}{0,31}$	$\frac{0,17-0,20}{0,18}$
Пойменная, пески	7	$\frac{0,07-0,27}{0,20}$	$\frac{0,13-0,31}{0,17}$	$\frac{\text{следы}-0,77}{0,33}$
		$\frac{0,05-0,43}{0,17}$	$\frac{\text{не обн.}-0,17}{0,10}$	$\frac{0,16-0,27}{0,21}$
Старичная, пески	3	$\frac{0,78-1,0}{0,89}$	$\frac{0,20-0,67}{0,43}$	$\frac{\text{не обн.}-1,70}{0,85}$
<i>По литологическим типам осадков</i>				
Песок	18	$\frac{0,3-0,43}{0,18}$	$\frac{\text{не обн.}-0,31}{0,11}$	$\frac{\text{следы}-0,77}{0,23}$
		$\frac{0,15-0,89}{0,42}$	$\frac{0,16-0,45}{0,27}$	$\frac{0,30-9,27}{0,33}$
Супесь	13	$\frac{0,78-1,51}{0,90}$	$\frac{0,38-0,60}{0,47}$	$\frac{2,35-5,07}{3,50}$
		$\frac{0,35-1,0}{0,62}$	$\frac{0,20-0,67}{0,37}$	$\frac{\text{не обн.}-1,70}{0,51}$
Ил	4	$\frac{0,20-0,60}{0,27}$	$\frac{0,03-1,24}{0,87}$	$\frac{\text{не обн.}-0,43}{0,17}$
Наилкок	13			
<i>По гипергенным минералам</i>				
Окислы железа	2	$\frac{0,46-0,51}{0,48}$	$\frac{0,19-0,27}{0,23}$	$\frac{0,05-0,40}{0,22}$
		$\frac{0,11-0,44}{0,21}$	$\frac{0,19-0,44}{0,32}$	$\frac{0,50-1,56}{1,01}$
Вивинит	1	0,79	0,49	3,39
Глинистые минералы (фракция <0,001 мм)	10			

\* Метод описан в работе Н. И. Горбунова (1963).

Состав водных вытяжек из современных

Место опробования	Глубина, м	Фация	Осадок
<i>Днепр</i>			
Береговая Слобода, Речицкий район Дворец, Речицкий район	0—0,10	русловая	песок мелкозернистый
	0—0,10	пойменная	наилот
	0,35—0,45	»	песок среднезернистый
	1,50—1,70	»	среднезернистый
	0,10—0,15	»	мелкозернистый
	0,65—0,75	»	супесь гумусированная
Грабово, Рогачевский район	1,30—1,50	»	песок
	0,0—0,05	пойменная	дернина
	0,15—0,35	»	песок мелкозернистый
Дубровно	1,40—1,60	»	тонкозернистый
	0,54	»	супесь
	0,78	»	песок мелкозернистый
<i>Сож</i>			
Бобовичи, Гомельский район Бердыж, Чечерский район Кричев	0—0,10	старичная	песок
	0—0,15	»	»
	0—0,10	»	илистый песок

гумидной зоны палеозойского возраста отличаются от современных преимущественным накоплением карбонатов железа, а не его окислов; пермские вторичные минералы содержат меньше  $Mn$  и  $P$ ; в составе современных конкреций железо и марганец находятся в окисной, а не закисной форме и т. д.

**Дифференциация элементов в связи с некоторыми подвижными формами их нахождения в осадках.** Наиболее подвижные формы элементов (входящие в состав легкорастворимых солей, поглощенный комплекс, аморфные соединения осадка и т. д.) играют важную роль в процессах литогенеза. Они не только являются показателями подвижности элементов и форм их нахождения, но и отражают условия осадкообразования. В литературе почти отсутствуют сведения о закономерностях их распределения в осадках с точки зрения изучения аллювиального литогенеза и реконструкции среды в речных долинах.

Аморфные формы железа, алюминия и кремния. При комплексных исследованиях осадков рек БССР изучение этих форм велось в зависимости от фациальной среды, литологического типа отложений и т. д. Показано, что

## осадков Днепра и Сожа, мг-экв/л

Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> '	SO <sub>4</sub> ''	Cl'
<i>Днепр</i>						
0,01	не обн.	0,06	0,01	0,05	не обн.	0,03
0,01	0,02	0,09	не обн.	0,08	0,04	не обн.
не обн.	0,02	0,03	»	0,05	не обн.	»
0,02	0,02	0,02	»	0,06	»	»
0,01	0,03	0,09	0,01	0,04	0,08	0,02
0,08	0,02	0,09	0,01	0,06	0,10	0,04
не обн.	0,02	0,10	не обн.	0,06	не обн.	0,06
0,10	0,01	0,09	»	0,14	0,04	0,02
0,03	0,04	0,02	»	0,09	не обн.	не обн.
0,01	0,04	0,04	»	0,05	»	0,04
0,15	0,07	0,07	»	0,07	0,02	не обн.
0,03	0,04	0,05	»	0,12	не обн.	»
<i>Сожа</i>						
не обн.	0,01	0,02	»	0,03	не обн.	»
»	0,02	0,03	»	0,03	»	0,02
0,04	0,15	0,01	»	0,14	0,06	не обн.

пойменные и старичные условия являются наиболее благоприятными для концентрации аморфных форм.

В осадках пойм рек БССР содержится аморфных окислов железа 0,07—4,42%, алюминия 0,03—1,24 и кремния до 3,08%. В старицах их образование связано преимущественно с разложением органического вещества и процессами коагуляции, при этом концентрации составляют для Fe 0,05—1,51%, Al до 0,67 и для Si до 5,07%. В староречьях, где обстановка осадконакопления близка к русловой, содержания этих форм характеризуются промежуточными значениями между осадками русел и собственно стариц. В старицах с преимущественно илистыми осадками аморфные соединения имеют максимальные величины средних значений концентраций. Для русловых отложений концентрации аморфных соединений, хотя и колеблются в широких пределах, имеют в среднем минимальные значения.

Повышенные содержания аморфных форм связаны с суглинками, наилочными и илистыми отложениями. По среднему их содержанию осадки располагаются в ряд пески — супеси — суглинки (табл. 48).

Для аморфных соединений Fe и Si в гумусированных осадках характерен ряд наилки — илы, обратные соотношения отмечаются для Al.

Процессы синерезиса коллоидных соединений Fe, Si, Al и других элементов сопровождаются формированием гипергенных окислов и гидроокислов железа, глинистых минералов и др. Характерно, что вторичные минералы в целом имеют повышенные содержания аморфных форм рассматриваемых элементов.

В осадках Днепра для кремния отношение  $\text{SiO}_{2\text{аморфн}}$  к  $\text{SiO}_{2\text{кварц}}$  колеблется в пределах 0,0003—0,012, а  $\text{SiO}_{2\text{аморфн}}$  к  $\text{SiO}_{2\text{общ}}$  от 0,0003 до 0,005. Описанные закономерности распределения аморфных форм характерны и для погребенных аллювиальных отложений долины Днепра.

Зависимости концентраций аморфных соединений Fe, Al и Si от фациальных сред могут быть использованы как геохимические показатели при реконструкции обстановок накопления погребенных речных осадков.

Легкорастворимые солевые формы. Состав водных вытяжек из осадков дает представление о наиболее подвижных формах нахождения элементов, связанных с легкорастворимыми хлоридами, сульфатами и бикарбонатами, часто образующими солевые налеты на осадке после его высыхания. Солянокислые вытяжки помогают изучить подвижную часть осадка, связанную, помимо указанных соединений, также с адсорбционным поглощением и частично труднорастворимой частью породы.

Водные вытяжки из современных осадков Днепра и Сожа содержат незначительные количества Ca, Mg, Na, K и других компонентов (табл. 49). Отмечается тенденция к повышению концентраций легкоподвижных форм этих элементов при переходе от русловых к пойменным и старичным осадкам. Максимальные концентрации обычно связаны с супесями и гумусированными отложениями. В вытяжках аллювиальных лессов Полесья отмечены (*мг-экв/л*):  $\text{HCO}_3$  — 0,32—2,30, Cl — 0,05—0,20, Ca — 0,17—0,73, Mg — следы, K+Na — 0,22—0,62.

В речных осадках по сравнению с другими генетическими типами обычно минимальные концентрации элементов в данных вытяжках. Например, в разрезе Дубровно в моренных супесях, залегающих под речными, по сравнению с последними содержится в солевой форме Ca в 5 раз больше, Mg — 3, Na — 4 и  $\text{HCO}_3$  — в 44 раза.

Как видно из табл. 50, по составу солевых вытяжек палеогеновые дельтовые осадки в сравнении с континентальными старичными содержат меньше Fe. В то же время по содержанию CaO и MgO они близки по составу вытяжек из

Состав 3%-ных HCl вытяжек из глин бассейна Днепра, %

Возраст	Характеристика глины	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MnO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Pg <sub>3</sub> <sup>2</sup>	Черная, дельтовая	$\frac{0,17-0,19}{0,18}$	$\frac{0,32}{-}$	$\frac{0,14}{-}$	$\frac{0,005-0,02}{0,002}$	—
N <sub>1</sub> <sup>pl</sup>	Пестроцветная, старичная	$\frac{0,06-0,62}{0,31}$	$\frac{0,09-0,31}{0,19}$	$\frac{0,07-0,14}{0,10}$	$\frac{0,001-0,006}{0,003}$	—
Q <sub>4</sub>	Черная, темно-серая, озерно-аллювиальная	$\frac{0,35-4,58}{1,68}$	$\frac{0,62-13,40}{7,83}$	$\frac{0,10-3,49}{1,69}$	—	$\frac{0,64-2,42}{1,37}$

Таблица 51

Состав поглощенного комплекса современных речных осадков бассейна Днепра, мг-экв/100 г

Фация и осадок	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>
<i>По фациям</i>				
Старичная	1,09—6,68	0,22—1,94	0,04—0,57	0,21—0,85
Пойменная	0,19—1,90	не обн.—0,76	не обн.—0,69	0,06—2,01
Русловая	0,12	0,38	0,66	1,10
<i>По литологическому типу</i>				
Песок	0,12—0,23	не обн.—0,38	не обн.—0,96	0,23—1,62
Глина	0,85	не обн.	0,61	2,03
Песчаный ил	1,14—1,51	1,46—1,94	0,04	0,21—0,24
Ил	1,09—6,68	0,22—2,86	0,01—0,57	0,06—2,50
Лессы	3,3—6,70	1,3—4,0	0,1—0,28	1,4—2,5
Фракция <0,001 мм	3,48—4,77	1,36—2,17	0,09—0,36	0,41—0,76

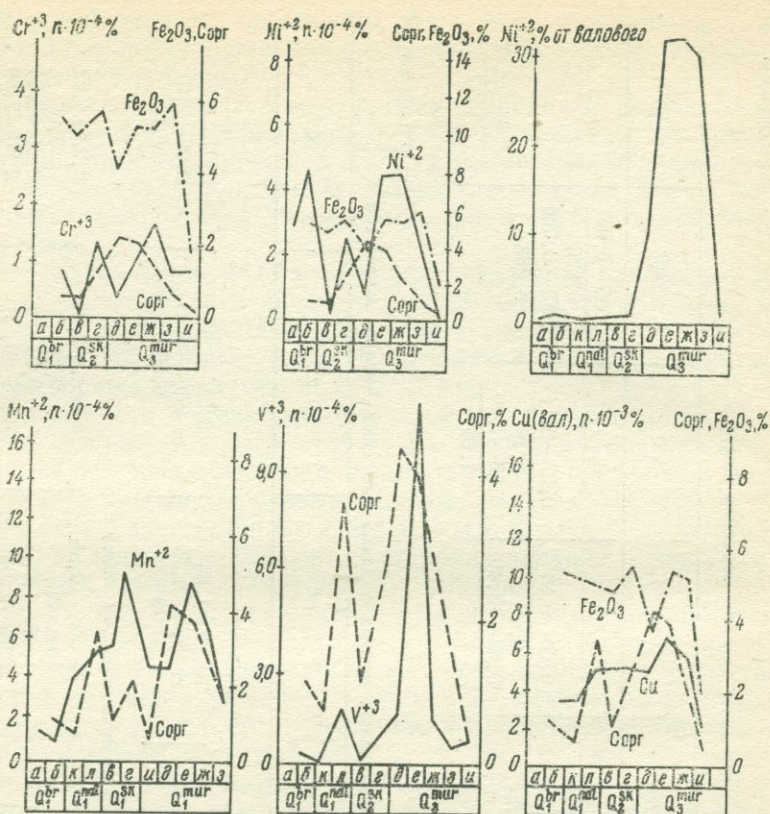
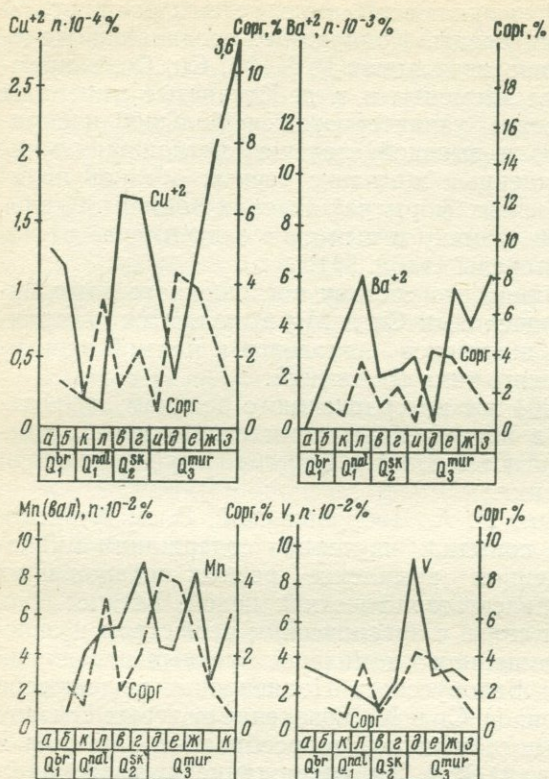


Рис. 23. Зависимость содержания Cr, Ni, Cu, Ba, Mn, V в поглощенном ком аллювиальных отложений четвертичной толщи Белорусского Поднепровья: ж — 5040-14; з — 5040-15;

морских песков харьковского и киевского ярусов (0,26—0,29 и 0,14—0,15%). Четвертичные озерно-аллювиальные глины выделяются резко повышенными концентрациями железа, кальция, магния по сравнению с неогеновыми. Это может быть использовано при определении времени формирования осадков Пра-Днепра.

Выше отмечались различия составов солевых и водных вытяжек голоценовых и верхнечетвертичных отложений, что также должно учитываться при корреляции речных осадков и уточнении их возрастного положения в спорных разрезах рассматриваемого региона.

По данным В. К. Лукашева (1970), имеются различия в составе солянокислых вытяжек из четвертичных глин разного генезиса. По средним концентрациям Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> глины образуют



плексе от концентрации  $Fe_2O_3$  и  $Сорг$  и валовых  $Mn, Cu$  фракции  $<0,001$  мм пробы: а — 5037-2; б — 5038; в — 5043-6, г — 5043-7; д — 5040-12; е — 5040-13; и — 7430-A-13; к — 5016-3; л — 5013-11

ряд: аллювиальные и озерно-аллювиальные (1,68%) — озерные (1,35) — лессы (0,98) — моренные (1,0%). По  $Al_2O_3$  озерно-аллювиальные глины имеют те же показатели, что и моренные (1,37), оба типа отличаются от озерных глин и лессов несколько пониженными концентрациями (1,81 и 1,56% соответственно). Максимальные содержания  $CaO$  и  $MgO$  в вытяжках связаны с озерно-аллювиальными глинами (7,83 и 2,93% соответственно), превышающими их концентрации в моренах и лессах в 2—4 раза.

Состав поглощенного комплекса. С этой формой коллоидных соединений, глин, карбонатов и органического вещества связаны не только миграция элементов в речных водах, но и их осаждение с осадком и перераспределение в процессах диагенеза и эпигенеза.

Состав комплекса в коллоидных системах связан с адсорбцией, абсорбцией и окклюзией, определяемыми природой вещества и условиями среды. Коллоидные соединения железа и марганца активно поглощают Р, V, Ni, Cu, Co, а кремния — радиоактивные элементы и т. д. Глинистые минералы и органическое вещество характеризуются большой избирательной способностью и высокой степенью поглощения микроэлементов. Поглощенный комплекс речных осадков является одной из динамичных форм нахождения элементов, способных к поглощению, обмену и выносу в зависимости от изменяющихся условий среды (табл. 51).

Как видно из таблицы, по составу поглощенного комплекса повышенными значениями Са и Mg выделяются старичные осадки. Состав комплекса находится в прямой зависимости от литологического типа отложений.

Во фракции  $<0,001$  мм по сравнению с осадком, из которого она выделена, в поглощенном комплексе отмечено увеличение концентраций Са в 3 и Mg почти в 2 раза, щелочи имеют близкие значения.

К. И. Лукашевым, И. А. Добровольской, В. А. Кузнецовым (1972) сделана попытка изучения содержания микроэлементов в поглощенном комплексе речных осадков и их использования для палеогеографических целей. Установлено, что в зависимости от связи с органическим веществом и окислами железа в поглощенном комплексе речных отложений четвертичной толщи Белорусского Поднепровья выделяются три группы элементов: 1) Сг и Ni, поведение которых связано главным образом с поглощающей способностью окислов и гидроокислов железа, 2) V и Mn, содержание их в основном определяется органическим веществом, 3) Си и частично Ва, не обнаруживающие прямой связи с поглощенным органическим веществом. Можно предположить, что это обусловлено известным биогенным свойством меди давать с органическим веществом прочно фиксируемые металлорганические соединения (рис. 23).

Связь микроэлементов с поглощенным комплексом органического вещества определяет особенности их распространения в ряду осадков нормальный — перигляциальный аллювий, соответственно связанных с теплыми и холодными климатическими условиями литогенеза. В александрийских осадках при переходе от теплых к перигляциальным условиям отмечается в поглощенном комплексе снижение содержания V и Mn. Такой же переход и у верхнечетвертичного аллювия. Снижение содержания  $S_{орг}$  в осадках с переходом к перигляциальным условиям литогенеза имеет закономерный характер. Поэтому концентрации V и Mn в поглощенном комплексе, на наш взгляд, могут использоваться в качестве

дополнительного критерия при анализе палеосред аллювиальных разрезов, не содержащих существенных накоплений органического вещества в теплые периоды межледниковий.

Показательно распределение удельного содержания Ni в зависимости от возраста отложений. Верхнечетвертичные речные осадки резко отличаются от средне- и нижнечетвертичных повышенной его концентрацией (10—32% против 0,2—0,3%).

Накопление сведений позволит, видимо, шире использовать информацию о микроэлементах в поглощенном комплексе для палеогеохимических и палеофациальных реконструкций, а также поисков аномальных зон в речной сети, генетически связанных с оруденением через составы речных, грунтовых или глубинных вод. В применении этого показателя к палеогеохимическим реконструкциям нужна некоторая осторожность, так как возможны его изменения при постседиментационных процессах.

В последнее время появляются исследования по использованию легкомиграционных форм нахождения элементов в речных осадках для выяснения среды аллювиального литогенеза, особенностей миграции элементов и поиска полезных ископаемых.

Так, показано (Li Ping-tan, 1967), что фракции 80 меш речных осадков, формировавшихся в теплый сухой и холодный влажный сезоны, различаются количеством экстракционной меди (оставаясь близкими по валовому значению). Это связано с дополнительным накоплением меди в бурых оболочках, обволакивающих зерна в сухой период.

Изучение Cu и Zn в речных осадках, формирующихся в условиях суши и прибрежно-морской зоны, показало значительные различия в величинах отношений их содержаний в экстракционных формах к валовым в пределах аномальных, а не фоновых концентраций, что было использовано для разделения обстановок аллювиального литогенеза (J.S. Webb, M. D. Baker, M. Richard, 1963).

При изучении осадков русловой и прибрежной фаций, аллювиальных террас, торфа и перекрывающего его аллювия было установлено, что контраст между аномальным и фоновым содержанием меди, как правило, в легкоэкстрагируемой форме намного больше, чем в валовой.

Было определено (Mac Crone Alistair W., R. C. Koch, 1968), что содержание в поглощенном комплексе илов р. Гудзон ионообменного натрия составляет в среднем 2,2 мг-экв/100 г. Экспериментальное смешивание илов с морской водой показало, что они дополнительно адсорбируют натрий до 0,8 при солености 5‰ и до 1,45 мг-экв/100 г при солености 5—30‰.

В Канаде на территории распространения плейстоценовых ледниковых отложений, прикрывающих остаточные почвы и продукты предледникового выветривания, тяжелые металлы в легкообменной форме русловых осадков составляют  $n \cdot 10^{-4}\%$  для площадей, не содержащих рудных месторождений, и выше  $n \cdot 10^{-3}\%$  — близ рудопроявлений. Содержание этих форм Zn, Pb и Cu в речных осадках использовалось при оценке рудоносности территорий путем построения геохимических карт (Н. Е. Hawkes и др., 1960).

Установлено (J. A. Coore, J. S. Webb, 1963), что повышенные содержания экстракционных форм металлов в русловых осадках могут быть связаны с эрозией россыпей или с поглощением элементов осадком из речных вод, дренирующих рудное тело. Эти формы обязаны адсорбции металлов глинами, органическим веществом и гидроокислами железа, осаждающимися при увеличении pH среды. Отмечается прямая зависимость величин отношения содержаний экстракционных форм Cu к валовому во фракции 80 меш осадков от pH условий. Так, при pH 3,5—5 это отношение равно 1,5—6,4 (среднее 2,7%); pH 5—6—2,4—16,2 (8,8) и при pH 6—8,5—5,2—29,0 (12%).

Приведенные данные по дифференциации элементов в легкоподвижных формах открывают новые возможности в оценке сред аллювиального литогенеза и поиске полезных ископаемых.

### Дифференциация элементов в речных отложениях в связи с почвообразованием

При оценке закономерностей распределения элементов в речных отложениях часто приходится отмечать значительное влияние на продукты аллювиального литогенеза процессов почвообразования.

Сведения о химизме почв речных долин содержатся в работах В. Р. Вильямса (1939), Б. Б. Полынова (1934), К. И. Лукашева (1958, 1963), А. П. Виноградова (1957) и других исследователей.

По отношению к аллювиальному литогенезу почвообразование выступает как эпигенетический процесс на террасах и повышенных участках пойм, не заливаемых паводковыми водами, и сингенетический — на заливаемых поймах. По педогенезу и его связи с геохимическими процессами накопления и преобразования речных отложений в бассейне Днепра мы выделяем две группы процессов и их продуктов: 1) глеевый и болотный процесс и торфяноболотные и аллювиально-луговые почвы пойм, формирующихся одновременно и в тесной связи с речным осадконакоплением, 2) дерновый процесс и

дерново-подзолистые почвы на аллювиальных отложениях надпойменных террас, развитие почвенного профиля которых происходит вне непосредственной связи с речной аккумуляцией.

Наиболее ярким показателем почвенной дифференциации вещества выступает формирование гумусового горизонта, с которым связана биогенная концентрация ряда элементов. В долинах Днепра и Припяти он характеризуется соответственно следующим составом (данные по 43 и 35 пробам соответственно, %):  $\text{SiO}_2$  — 88,68 и 91,28,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  — 4,83 и 4,09,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  — 1,20 и 1,02,  $\text{CaO}$  — 0,68 и 0,64,  $\text{MgO}$  — 0,09 и не обн.,  $\text{Na}_2\text{O}$  — 0,48 и 0,03,  $\text{K}_2\text{O}$  — 1,45 и 0,65,  $\text{SO}_3$  — 0,06 и 0,03, п.п. 2,73 и 2,04. Как правило, в этом горизонте почв пойм Днепра и Припяти, развивающихся на современных речных песках, микроэлементов содержится больше, чем в материнских породах. Концентрация большинства из них (Ti, Mn, Cu, V, Cr и др.) здесь на песчаных почвах долины Припяти характеризуется промежуточными значениями между их содержаниями в песках и супесях, а для Mn и Ba несколько выше, чем в супесях.

В гумусовых горизонтах голоценовых погребенных пойменных почв по сравнению с непогребенными отмечается в среднем увеличение концентрации Ni в 1,5, Cr в 1,4 и уменьшение концентрации Ti в 1,2, Ba в 1,6, Cu в 1,5 раза. Погребенные пойменные почвы муравинского межледниковья по сравнению с погребенными голоценовыми содержат больше Ni и Mn в 2 раза и меньше Ti в 1,5 раза. Изменения в концентрациях микроэлементов в погребенных почвах связаны с палеогеохимическими особенностями их формирования, а также с процессами преобразования органического вещества почв после его захоронения.

Интересно отметить, что гумусовый горизонт пойм Припяти отличается от днепровского пониженным содержанием ряда микроэлементов (табл. 52).

Пространственные закономерности распределения микроэлементов в почвенном покрове пойм бассейна Припяти заключаются в следующем. В поймах левых притоков Припяти отмечаются меньшие концентрации Ti, Mn, Cr, Co, Ni и Cu и большие Ba и V по отношению к правым притокам, т. е. отражают те же закономерности распространения элементов, что и в аллювии (В. А. Кузнецов, 1955 б). В поймах Днепра, Сожа и Прони содержания Cu, Co и Mo обычно возрастают вверх по разрезу с максимумом в перегнойно-аккумулятивном горизонте. Значительное количество их связано с легкоподвижными формами. В профиле долины максимальные концентрации валовых и подвижных форм этих элементов приходятся на центральные и притеррасовые

Среднее содержание микроэлементов в гумусовом горизонте голоценовых пойменных почв Припяти и Днепра,  $n \cdot 10^{-3} \%$ 

Почва	Кол-во проб	Ti	Mn	Cr	Ni	V	Cu	Ba
<i>Долина Днепра</i>								
Современная аллювиально-луговая	43	200	20	2,0	1,0	3,0	0,3	30
Современная торфяная	5	103	20	1,7	1,0	0,7	0,7	27
<i>Долина Припяти</i>								
Современная аллювиально-луговая	35	110	13	3,0	0,5	2,2	0,6	52
Современная торфяная	16	130	12	3,1	0,2	2,5	0,1	38
Погребенная аллювиально-луговая	7	93	88	4,3	0,8	2,6	0,4	32

участки с повышенными накоплениями илистых частиц (А. Х. Кондюкова, 1966).

Учитывая значительную роль биогенной аккумуляции в гумусовом горизонте, по И. С. Лупинвичу (1965), можно охарактеризовать следующий ряд подвижности элементов в почвенных профилях речных долин БССР:  $Ti > Mn > Be > Sr > Cr > V > Ni > Cu > Co > B > Mo$ .

Зависимость состава гумусового горизонта от условий формирования почв различных типов в долинах Белоруссии отражена в табл. 53. Как видно из нее, резко выделяются по содержанию Si, Al, Ca, Na, K торфяно-болотные почвы. Педогенез на поймах по сравнению с почвообразованием на террасах сопровождается относительным обеднением Si, ростом величин отношений  $CaO : MgO$ ,  $TiO_2 : Al_2O_3$  и уменьшением величин  $Ti : Zr$ . По данным К. И. Лукашева, В. Г. Малоглавца и Н. Н. Петуховой (1963), содержание элементов в аллювиально-пойменных почвах и дерново-подзолистых на древне-аллювиальных песчаных осадках составляет соответственно ( $n \cdot 10^{-3} \%$ ): Ti — 66—198 и 36—198, Mn — 3—30 и 0,5—30, Co — до 0,02 и 0,03—0,18, Ni — 0,07—0,6 и 0,31—0,96, Cu — 0,7—5,0 и 0,16—1,34, Zn — 0,9—1,4 и 0,49—0,93, Zr 1—5 и 1—30, Mo — 0,05—0,16 и 0,02—0,19.

Различия процессов педогенеза в перераспределении элементов на аллювиальных осадках сводятся в основном к следующему. Процессы оподзоливания, характерные для аллювиальных почв террас, ведут к накоплению в верхних горизонтах кремнезема и вследствие высокой промываемости

грунтов — выносу Fe, Al, Ca, Mg, K и Na, которые отлагаются в иллювиальном орштейновом горизонте. Процессы оглеения в пойменных разрезах, сопровождающиеся интенсивной биогенной, гидрогенной и механической аккумуляцией вещества, характеризуются накоплением Fe, Al и в ряде случаев карбонатов. При этом соединения Fe концентрируются преимущественно в горизонте ожелезнения, а Al, K, Na и др. — оглеения. В горизонте оглеения долины Днепра наблюдаются повышенные содержания Ni, Co, Cr, V, Cu, Mo, Ba, связанные с процессами иллювиальной концентрации элементов.

В торфяных почвах Полесья и Поднепровья по отношению к подстилающим пескам наблюдается увеличение концентраций Ni, Co, Cr, V, Mn, Ba и Ti и уменьшение Cu. В то же время в них по отношению к илистым осадкам меньше Cr, Mn, V, Cu, Ba, Ti, что связано с меньшим количеством глинистого вещества, отлагаемого реками на заболоченных участках пойм. Примеры дифференциации элементов в почвах в связи с минералообразованием рассмотрены в других разделах работы.

Таким образом, химическая дифференциация в связи с почвообразованием влияет на закономерности распределения элементов в речных отложениях. Хотя несколько затушевывается картина первоначального распределения элементов в осадках, все же его пространственные закономерности сохраняются и выступают достаточно четко, что видно на примере вышеотмеченных различий состава гумусовых горизонтов пойм Днепра и Припяти, а также взаимосвязи геохимических районов аллювиальных отложений и педогеохимических провинций, изложенные в монографии «Геохимические провинции...» (1969).

Выше нами характеризовались закономерности дифференциации элементов в аллювии зон полесий и краевой зоны моренных образований. В. А. Ковдой и сотрудниками (1968) отмечаются сходные пространственные закономерности для почв Русской равнины: относительное накопление Fe, Mn, Cu, V, Cr, Ni в области развития морен и Si (в виде кварца) в зонах полесий.

При палеогеохимических реконструкциях важно учитывать, что погребенные речные долины характеризуются часто более четко выраженными почвенными профилями, чем в других элементах древнего ландшафта. Интересна работа Д. Е. Вильямса (G. E. Williams, 1968), где показано, что торридонские гнейсы и конгломераты Шотландии, относимые к метаморфизованным аллювиальным отложениям, в характере распределения содержаний  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , FeO,  $\text{K}_2\text{O}$  и других элементов отражают профили выветривания, аналогич-

Средний химический состав перегнойно-аккумулятивного горизонта  
микроэлементы—

Участок	Почва	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Ti	Mn	Cr
Водораздел (моренные гряды, лес- совое плато)	дерново-под- золистая, па- левая	82,12	2,38	7,76	0,83	0,68	0,92	2,22	195	37	8,4
	дерново-под- золистая, су- глинистая	71,32	2,97	9,62	2,84	1,57	0,84	2,13	140	30	5,0
Надпоймен- ные террасы, зандровые равнины	дерново-под- золистая, су- песчаная	86,75	1,49	6,08	0,63	0,51	0,67	1,68	100	25	2,5
	дерново-под- золистая, песчаная	92,05	0,83	3,24	0,30	0,17	0,41	1,13	75	20	1,8
Поймы	торфяно-бо- лотная	2,41	1,97	0,71	3,71	0,36	0,08	0,09	150	39	3,5
	аллювиаль- но-луговая	88,39	1,37	3,33	0,45	0,39	0,45	0,92	75	23	2,8
	погребенная	83,82	1,26	3,88	0,85	0,44	0,03	0,60	93	8	4,3
Разнотравье на луговых почвах*		3,18	0,84	1,43	14,5	5,67	не опр.		10	60	1,2
Аллювиальные отложения		89,27	1,29	3,25	0,56	0,36	0,56	1,05	64	11	5,4

\* В % на золу.

ные почвам гумидных областей, и представляют одну из самых древних палеопочв земного шара, развитых на речных осадках.

Повышенные содержания и особенности распространения микроэлементов в аллювиальных почвах могут служить поисковым признаком для обнаружения рудных зон. Вопросы формирования биогенных и почвенных аномалий в поймах и поиска по ним полезных ископаемых освещаются во многих работах (Д. П. Малюга, 1963; J. S. Webb и др., 1965, 1968; А. П. Виноградов, 1957 и др.).

В заключение сделаем некоторые общие выводы по дифференциации химических элементов, сопровождающей аллювиальный литогенез.

почв речных долин территории БССР (макроэлементы—%,  
 $n \cdot 10^{-3} \%$ )

Ni	V	Cu	Zr	$\frac{SiO_2}{Al_2O_3}$	$\frac{TiO_2}{Al_2O_3}$	$\frac{CaO}{MgO}$	$\frac{Na_2O}{K_2O}$	$\frac{Ti}{Zr}$	$\frac{Mn}{Cu}$	$\frac{Mn}{Cr}$	$\frac{Ni}{Cr}$	$\frac{Mn}{Ni}$
1,7	5,7	1,1	—	10,6	0,04	1,2	0,4	—	34,6	4,4	0,2	21,7
1,5	3,4	1,2	13	7,4	0,03	1,6	0,4	10,7	25,0	6,0	0,3	20,7
1,4	3,0	0,7	17	14,3	0,03	1,2	0,4	6,5	36,8	10,0	0,6	17,9
0,	1,5	0,5	9	28,4	0,04	1,8	0,4	8,3	37,0	11,1	0,4	26,7
1,4	2,0	2,0	3	3,4	0,30	1,3	0,9	4,6	19,5	11,0	0,4	27,9
1,0	1,8	0,6	16	29,8	0,10	2,8	0,5	4,6	38,3	8,2	0,4	23,0
0,8	2,6	0,4	—	21,6	—	1,4	0,1	—	20,0	1,9	0,1	10,2
3,2	—	14	—	2,1	0,02	2,5	—	—	4,2	50	2,6	18,
2,1	3,4	2,4	12	27,5	0,03	1,6	0,5	5,3	4,8	2,1	0,4	5,4

Химическая дифференциация охватывает все этапы аллювиального литогенеза — от речного переноса до эпигенетических преобразований речных отложений, подчиняясь механическим, физико-химическим, биогеохимическим, гидрхимическим, педогеохимическим и другим процессам, происходящим в речных долинах.

Закономерности распределения элементов при аллювиальном литогенезе отражают основные черты строения и особенности процессов выветривания в бассейне эрозии, генетические и динамические типы аллювия и фациальные обстановки накопления речных осадков.

Распределение элементов имеет четко выраженные пространственные закономерности: вниз по течению рек, вкост

простираения речных долин и в стратиграфическом разрезе аллювиальных толщ.

Распределение элементов по терригенным минералам, новообразованиям, в составе поглощенного комплекса, вытяжек, поровых растворов речных осадков подчинено определенным закономерностям, отражающим палеогеохимические и палеогеографические условия литогенеза.

Закономерности и особенности химической дифференциации речных осадков должны шире использоваться при изучении процессов аллювиального литогенеза, выяснении геологического строения территорий и развития речных долин, при решении практических вопросов, связанных с поисками полезных ископаемых, геохимическим районированием, корреляцией отложений и т. д.

## ГЕОХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ, ПРОЦЕССЫ И ПРОДУКТЫ АЛЛЮВИАЛЬНОГО ЛИТОГЕНЕЗА

### Геохимическая среда аллювиального литогенеза

**Особенности среды аллювиального литогенеза.** Наиболее важными в речных долинах являются рН условия, гидрогеохимические, литогеохимические, биогеохимические и другие.

рН условия связаны главным образом с гидролизными свойствами воды, сочетаниями различных химических элементов, состояниями зарядов их ионов и другими факторами; определяют направленность процессов окисления и восстановления, подвижность элементов и их выпадение в осадок.

В каждом конкретном случае условий речных долин величина рН зависит от различных причин. Увеличение карбонатов и бикарбонатов в водах и особенно находящейся с ними в динамическом равновесии углекислоты ведет к повышению щелочности среды. Действие органического вещества определяется его природой и степенью разложения: гуминовые и фульвокислоты подкисляют, а протеины подщелачивают среду; с разложением детрита, сопровождающимся выделением углекислоты и образованием диссоциирующих органических кислот, величина рН уменьшается. Метаморфизация гуминовых соединений ведет к стадийным переходам рН от щелочной к кислой. Бактерии-нитрификаторы подкисляют, а денитрификаторы подщелачивают среду и т. д.

Широкий диапазон и колебания величины рН обуславливают разнообразные процессы аллювиального литогенеза. Выпадение окислов железа обычно начинается при рН 4; в диапазоне рН 5—6 вместе с ними осаждаются гидроокислы Al, Zn и Cr, а при 7—8 — Co, Ni, V и Pb. Условия, близкие к нейтральным или щелочным, наоборот, способствуют переносу железа в виде гидратов и металлоорганических соединений. По P. R. Seaber (1965), в водах с рН менее 7 содержание железа обычно выше  $5 \cdot 10^{-4}$ , а при более 8 — ниже  $3 \cdot 10^{-6}$ %. Колебания величины рН в речной долине могут быть причи-

ной миграции элементов. Щелочная среда способствует подвижности V, Cr, Mo, кислая — P, S, Mn, Si. Высокие значения рН 8,5, необходимые для выпадения марганца, являются причиной отделения его от железа, осаждающегося в более кислой среде.

Величины рН оказывают влияние на осаждение и обменную способность коллоидных систем. Осаждение коллоидного кремнезема идет при рН 4,5, а молекулярно диспергированного — 8,0 (G. Okamoto и др., 1957). Экспериментально показано, что оптимальные значения рН для коагуляции мути из речных вод составляют у монтмориллонита 6,6, каолинита 7,5 и кварца 8,0 (M. N. Rao, C. A. Sastry, 1969).

Нами установлено, что рН условия формирования речных осадков в бассейне Днепра варьируют в пределах 8,0—4,6, при этом фациальные обстановки в целом различаются по величинам данного показателя: русловые 8,0—7,0, пойменные — 7,1—5,0 и старичные 5,0—4,6. Близкие значения (несколько смещенные в область слабокислых и нейтральных реакций для старичных условий) приводятся А. А. Лазаренко (1964) для Днепра, где современные осадки русловой фации характеризуются пределами рН 8,4—7,2, пойменной — 7,9—5,7 и старичной 7,0—6,7.

По Б. Г. Еськову (1966), старичные осадки Днепра имеют слабощелочную обстановку — 7,1—7,8. Торфяники современных пойм характеризуются обычно слабокислыми условиями (рН 5—6,5). Представляется, что разницей в величинах рН старичных водоемов обусловлен разнообразием условий, определяемых связью старицы с руслом, степенью ее зарастания, литологическими особенностями осадков, развитием микроорганизмов и т. д.

Сейчас накоплены данные по рН древних аллювиальных отложений. Речные осадки I надпойменной террасы Припяти имеют значения рН в пределах 6,6—5,5; II — 6,8—6,2; озерно-аллювиальные отложения террас Днепра и Припяти — 7,1—6,2. Муравинские старичные отложения д. Грабово характеризуются величинами 5,2—7,4; д. Борхов — 5,9—6,7; озерно-аллювиальные осадки в долине р. Марьянки — 6,2—8,0. У старичных накоплений александрийского возраста рН 6,8—7,0, у шкловских — 5,9—7,8.

Озерно-аллювиальные осадки налибокского возраста, вскрытые в скважине близ д. Малая Александрия, имеют резко щелочную среду (рН 8,6—9,4). У аллювия данного возраста разреза д. Переделки значения рН для перигляциальной пачки 7,9—8,2, пачки подмыва 7,4—7,9 и базального горизонта 7,4. В олигоценых аллювиальных осадках Поднепровья колебания значений рН от 5 до 9.

По В. К. Лукашеву (1970), в соседних районах Польши у горизонта плиоценовых пестрых глин рН 7,7—9,0 и черных глин — 7,7; у предледниковых речных песков — 7,2—7,5.

При аллювиальном литогенезе важна величина этого показателя для речных вод, находящихся в контакте с осадками. У вод Днепра в целом близкие показатели рН — 7,5—8,5 (М. А. Глаголева, 1959), 6,2—8,4 (Е. П. Нахшина, 1966) и 7,1—8,1 («Геохимические провинции...», 1969). Реки Полесья вследствие повышенных содержаний органических кислот выделяются более слабокислой обстановкой (рН 7—4). Грунтовые воды речных долин в периферийной части бассейна Припяти имеют рН 7,0—7,8, а на заболоченных участках в центральной части — в среднем 5,2—6,2.

Обстановка рН определяется также типом почв, развивающихся на речных отложениях. Для речных долин Полесья характерны средние значения рН: дерново-подзолистых почв 5,2—4,7, торфяно-болотных 6,2 и торфяников 3,0—5,0.

Как видно из изложенного, в целом условия бассейна Днепра и Припяти способствуют образованию и садке окисных соединений железа (для обогащения его соединениями поля устойчивости рН равны 4—6, по А. Г. Басс, И. Р. Каплан, Д. Мур, 1963), карбонатов (для карбонатов они равны 5—7,8, известковистых конкреций 7,8—8,4), глин (для гидрослюды рН > 7), фосфатов и т. д.

Суммируем некоторые общие закономерности рН аллювиального литогенеза бассейна Днепра по данным В. А. Кузнецова (1965б), А. А. Лазаренко (1964) и др.: 1) величина рН уменьшается: а) в ряду русловая — пойменная — старичная фация, б) в пределах одной и той же фациальной обстановки с уменьшением размера частиц осадка (пески — супеси — глины), в) в пределах одной и той же фациальной обстановки и одного литологического типа осадков с возрастанием заиленности или заболачивания, г) вкост простирания речной долины от русла в глубь поймы, д) при переходе от субаквальных к субаэральным условиям; 2) речные осадки голоцена и верхнечетвертичного времени в целом характеризуются кислыми и слабокислыми условиями среды; 3) при переходе от четвертичного к неогеновому аллювиальному литогенезу отмечается тенденция к смене в целом слабокислой — слабощелочной обстановки на щелочную.

Гидрохимические особенности среды. Речные воды выступают не только как среда переноса, отложения и первичной дифференциации материала, но и часть динамической системы вода — осадок, определяющей процессы аллювиального литогенеза: растворение пород и минералов, гидролиз, ионообменные реакции поглощенного комплекса, осаждение коллоидов, гипергенное минералообразо-

вание. Захороненные в осадке воды (которых может быть свыше 50%) оказывают существенное влияние на процессы диагенеза и эпигенеза.

В речных долинах при переходе от условий русла к пойменным и старичным ослабевает роль вод как среды механического переноса и осаждения материала и усиливается роль как среды физико-химических, биохимических, микробиологических процессов миграции и аккумуляции элементов. В профиле русло — пойма — терраса усиливается значение грунтовых вод, формирующих свой состав в зоне активного водообмена и взаимодействия с веществом аллювиальных осадков. Локальное влияние на аллювиальный литогенез оказывают глубинные воды.

Потеря воды в аллювиальных отложениях ведет к их уплотнению, синерезису коллоидов, к преобразованию минералов от водных к безводным формам, окислению, разрушению органического вещества, к цементации и окаменению осадка, т. е. во многом определяет переход к эпигенетической стадии преобразования речных отложений.

Из закономерностей состава речных и грунтовых вод территории бассейна Днепра необходимо отметить: 1) повышенные минерализации (до 385 мг/л) и высокие содержания  $\text{HCO}_3$ , Ca и Mg (соответственно до 287, 63 и 15 мг/л), а также Mn, Al в водах, дренирующих районы распространения лессов — верховья Днепра; 2) понижение минерализации (до 50 мг/л) и высокие содержания органического вещества в водах, дренирующих торфяно-болотные массивы — Полесье и долину Березины; 3) снижение степени минерализации и содержания ряда катионов вниз по течению рек; 4) увеличение в речных водах сульфатов Fe от глубинных докембрийских вод, содержаний карбонатов и сульфатов Ca и Mg — от меловых и хлоридов натрия и калия — от вод, размывающих на глубине девонские соленосные отложения.

Отмеченные закономерности обуславливают повышенную карбонатность речных осадков верховьев Днепра; высокие содержания микроэлементов в осадках рек, вытекающих из торфяно-болотных массивов. Высокие содержания Mn и Fe в осадках Уборти совпадают с местами повышенных содержаний этих элементов в водах реки. С выходами глубинных вод в речные долины связано ожелезнение аллювия в верховьях Уборти; карбонатность пойм Припяти; аномальные содержания хлоридов в осадках озер-старич Чарноцкое, Буцкое, Широкое и т. д. Застойные воды служат источником выпадения соединений железа, алюминия, кремния и микроэлементов в поймах.

В составе старичных вод отмечается гидрохимическая стратификация: с увеличением глубины водоема, особенно в

придонном слое, возрастает содержание железа, органических соединений, уменьшается — кислорода. Характерны резкие изменения состава в связи с переходом к донным и иловым водам, где содержания отдельных элементов соответственно составляют (*мг/л*):  $\text{SO}_4$  — 6,6 и 29,6; Ca — 40,5 и 485,8; Mg — 11 и 110,5; Na — 2,8 и 49,2; K — 2,6 и 9,4; Fe — 0,7 и 9,0. Возрастание концентраций элементов в связи с указанным переходом отмечают многие авторы для озерных водоемов (Н. М. Страхов, 1954; E. Gorham, 1961 и др.).

Важной средой литогенеза выступают поровые растворы. Геохимические процессы между ними и осадками являются составной частью диагенетических и эпигенетических преобразований отложений, вызывая изменения состава поглощенного комплекса, растворение и минералообразование.

Рассматривая данные табл. 54, необходимо обратить внимание на следующие особенности состава поровых растворов. Во-первых, по содержанию ряда компонентов, особенно Na, Cl,  $\text{SO}_4$  и Ca, а также по величинам геохимических коэффициентов: хлор-сульфатного, магнезиальности, щелочности и карбонатности олигоценовые аллювиальные отложения резко отличаются от более молодых речных осадков, при этом их величины занимают промежуточное положение между соответствующими показателями для океанических и речных вод, тяготея к первым. Указанное наряду с геологическими и другими данными, отмеченными выше, свидетельствует об осолоненных, вернее, придельтовых, условиях формирования отложений. Во-вторых, отмечаются различия в составах поровых растворов осадков олигоценовых глин, формировавшихся в дельтовой обстановке, и глин олигоцен-неогенового возраста, образованных в континентальных условиях. В-третьих, по данным состава поровых растворов, старичные отложения д. Дворец относятся к четвертичным, а не неогеновым отложениям. Аналогичные примеры использования поровых растворов в палеогеографических реконструкциях приводятся Н. В. Тагеевой и М. М. Тихомировой (1962) для неогеновых отложений Прикаспия.

Литологические особенности среды. Роль литологических особенностей осадков как среды аллювиального литогенеза мало освещена в литературе, хотя она очевидна. Например, глинистые осадки в контакте с речной водой адсорбируют микроэлементы из вод. Будучи захороненными в пойменных разрезах и являясь водоупорами, они аккумулируют из верхних слоев почво-грунта химические элементы, выщелоченные инфильтрующимися атмосферными и паводковыми водами. Глинистые и лессовидные отложения — наиболее благоприятная среда для образования конкреций карбонатов и окислов железа. В ряде случаев их

Средний химический состав поровых растворов аллювиальных и озерно-

Место взятия пробы	Возраст	Фациальная обстановка	Кол-во проб	Минерализация	HCO <sub>3</sub>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>++</sup>
				мг/л				
Полесье	Q <sub>3</sub> <sup>1</sup>	озерно-аллювиальная	5	1265,6	122,02	152,60	654,48	228,40
Поднепровье	Q <sub>3</sub> <sup>mir</sup>	старичная	3	—	328,29	225,88	977,89	227,25
Борхов	«	»	1	—	56,14	47,16	2360,2	585,37
Зборово	Q <sub>1</sub> <sup>br</sup>	»	2	3522,3	57,00	97,40	2357,6	728,52
Дворец	(Pg <sub>3</sub> -N <sub>1</sub> ) <sup>pl</sup>	аллювиальная, озерно-аллювиальная	1	440,5	152,55	81,96	164,74	70,74
Страдубка	Pg <sub>3</sub> <sup>2</sup>	дельтовая	1	1545,3	994,63	330,78	228,78	13,43

Место взятия пробы	Возраст	Фациальная обстановка	Кол-во проб	HCO <sub>3</sub>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>++</sup>
				% экв			
Полесье	Q <sub>3</sub> <sup>1</sup>	озерно-аллювиальная	5	4,7	10,4	32,6	27,1
Поднепровье	Q <sub>3</sub> <sup>mir</sup>	старичная	3	9,8	11,6	39,8	20,7
Борхов	«	»	1	0,8	1,2	47,1	28,4
Зборово	Q <sub>1</sub> <sup>br</sup>	»	2	0,8	2,4	43,3	32,3
Дворец	(Pg <sub>3</sub> -N <sub>1</sub> ) <sup>pl</sup>	аллювиальная, озерно-аллювиальная	1	16,4	16,3	24,9	25,0
Страдубка	Pg <sub>3</sub> <sup>2</sup>	дельтовая	1	31,2	17,9	9,1	1,2
Океанические воды**				—	45,1	4,6	1,7
Воды рек земного шара***				—	1,5	10,6	26,7

\* Растворы получены при нагрузке 6000 кг/см<sup>2</sup>.

\*\* По Н. В. Тагеевой и М. М. Тихомировой (1962).

\*\*\* По О. А. Алекину (1958).

аллювиальных глин бассейна Днепра \*

Таблица 54

Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>
экв/л									
72,33	14,19	100,14	2,00	4,30	13,59	11,42	5,93	0,36	4,35
93,63	12,90	44,60	5,38	6,37	21,75	11,32	7,69	0,33	1,94
201,60	122,38	92,65	0,90	1,33	49,15	29,22	16,50	3,14	4,04
277,40	12,00	20,45	0,92	2,74	49,00	36,39	22,75	0,33	0,91
12,38	13,29	21,45	2,50	2,32	3,45	3,54	1,02	0,34	0,91
14,99	12,90	451,98	16,30	9,35	4,75	0,65	1,23	0,33	19,62

Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup> / SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Mg <sup>++</sup> / Ca <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup> / Ca <sup>++</sup> +Mg <sup>++</sup>	Ca <sup>++</sup> / Ca <sup>++</sup> +Mg <sup>++</sup>
14,0	0,9	10,3	0,32	0,52	0,27	0,65
14,0	0,6	3,6	0,23	0,68	0,12	0,55
15,8	2,9	3,8	0,02	0,55	0,15	0,64
20,1	0,3	0,8	0,05	0,62	0,02	0,61
7,3	2,4	7,7	0,65	0,29	0,31	0,77
2,4	0,6	37,6	1,97	2,00	1,61	0,30
8,9	0,8	38,5	9,70	5,16	3,67	0,16
11,3	13,7		0,14	0,42	0,36	0,70

плотики являются ловушками россыпного золота, платины и других элементов.

Состав глинистых минералов используется для суждения о среде литогенеза. Известно, что образование каолинита и галлуазита связано с кислот, монтмориллонита — с нейтральной и щелочной средами. Минералы глин лежат в основе выделения геохимических фаций, предложенных Г. И. Теодоровичем (1947).

Состав глин используется при палеогеографических построениях. Так, А. П. Виноградовым и А. Б. Роновым (1956) показано, что глины Русской платформы на протяжении геологической истории от докембрия к антропогену испытали направленную эволюцию состава, в основе которой лежат процессы обогащения кальцием и магнием и уменьшения — калия. А. Б. Ронов и З. В. Хлебникова (1957) выявили, что холодным и умеренным условиям литогенеза сопутствует формирование обогащенных  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  и  $\text{Na}_2\text{O}$  гидрослюд; влажному и жаркому климату соответствует преимущественное развитие каолинитов, богатых  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{TiO}_2$ . Аридные зоны выделяются глинами, обогащенными окислами  $\text{Mg}$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{S}$ ; последнее свойственно также морским глинам.

По данным R. F. Kerg (1955), для дельтового аллювия характерен иллит-монтмориллонит-каолинитовый состав. Наложение процессов морского диагенеза сопровождается переходом гидрослюды и каолинита в монтмориллонит. М. Л. Кейт и Э. Т. Дегенс (1961) показали, что морские глины в 6—7 раз богаче  $\text{Sn}$  и  $\text{Mn}$  по сравнению с пресноводными.

Как отмечалось выше, состав глинистых речных осадков надпойменных террас Припяти отражает палеогеографические и палеогеохимические особенности верхнечетвертичного литогенеза. Олигоценовые и неогеновые глины Поднепровья выделяются преимущественно монтмориллонитовым составом с незначительной примесью каолинита и вермикулита. Преобладание монтмориллонита является в условиях данного региона не только возрастным признаком, но и показателем прибрежно-морской обстановки для олигоценовых отложений. В аллювиальных глинах четвертичного возраста господствует гидрослюда.

В песчаных речных осадках в силу их высокой промываемости и низкой поглотительной способности шире развиты процессы выщелачивания и окисления. Последние сопровождаются формированием окисных соединений  $\text{Fe}$  и  $\text{Mn}$ .

Карбонатность осадков (наличие горизонтов собственно карбонатных отложений, новообразования, рассеянные карбонаты в осадках) создает щелочные условия среды со специфическими аккумуляциями микроэлементов, сопровождается развитием раковинных моллюсков и т. д.

Среди голоценовых речных осадков бассейна Днепра широко развиты известковые туфы (Уборть) с содержанием до 62%, лессовидные суглинки и рендзины (Припять) — 20 и торфотуфы (Западное Полесье) — 48—85%  $\text{CaCO}_3$ . Концентрации карбонатов встречены в аллювии муравинского (Старечь) и александрийского (М. Александрия) межледниковий. Редкие их конкреции отмечены в старичных осадках раннечетвертичного возраста (Дворец).

Основным источником карбонатов в речных осадках бассейна служит подток грунтовых вод из меловых известняков, выходы мела, размыв лессов и карбонатных морен. Аллювиальные осадки имеют близкие величины щелочноземельного коэффициента с моренными отложениями, что указывает на последние как главный источник поступления карбонатов в речную сеть.

По А. А. Лазаренко (1964), в фациальном ряду осадков Днепра содержание карбонатов составляет в среднем (%): для песков русловых — 0,05—0,12, пойменных — до 0,2 и старичных — 0,07—0,38; в алевритах оно возрастает у пойменных отложений до 0,33 и старичных — 1,58%  $\text{CO}_2$ .

О железенность осадков (величина валового содержания, наличие двух- и трехвалентных соединений, коллоидных, сульфидных и других форм железа) является важным показателем среды литогенеза (окислительно-восстановительной, рН и др.), гипергенно-минералообразования (гематит, лимонит, пирит и т. д.), миграции и осаждения элементов (в виде металлоорганических комплексов и т. д.).

Величина этого показателя в аллювиальном литогенезе характеризуется следующими закономерностями роста его средних величин: 1) в фациальном ряду аллювия русловый — пойменный — старичный; 2) с уменьшением размерности частиц осадков; 3) с переходом от осадков, не содержащих  $\text{C}_{\text{орг}}$ , к органоминеральным осадкам; 4) в ряду нормальный — перигляциальный аллювий.

Отношение  $\text{Fe}^{+2} : \text{Fe}^{+3}$  изменяется в зависимости от рН, наличия органического вещества, фациальных условий, аквальной и субаквальной сред и т. д. Для современного аллювия Припяти отмечается в среднем (% валового)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ : в русловом — 0,71, пойменном — 1,32, старичном — 2,20; в песках — 0,72, илистых песках — 1,64, глине — 4,44; в верхнечетвертичном аллювии Днепра в песках нормального и перигляциального аллювия содержится соответственно 0,86 и 1,40 и супесях 1,73 и 2,14%. Близкие закономерности установлены А. А. Лазаренко (1964) для Днепра, Десны и Оки.

Повышенное содержание соединений железа в водах и осадках способствует деятельности железобактерий с формированием болотных и дерновых руд в поймах; образованию

сульфатных и сульфидных минералов в старицах; перераспределению  $Mn$ ,  $Ni$  и других микроэлементов в почвах с концентрированием их в иллювиальном горизонте; аккумуляции микроэлементов при выпадении окислов и гидроокислов железа из коллоидных растворов при изменении  $pH$  и т. д.

Органическое вещество. Роль органического вещества как среды аллювиального литогенеза заключается в создании условий для повышенной миграции или аккумуляции  $Fe$ ,  $Mn$ ,  $Al$ ,  $Cu$ ,  $Ti$  и других элементов в форме комплексных соединений, сульфатов, нитратов и т. д.; высокой степени адсорбции микроэлементов; в формировании органо-глинистых комплексов; создании обстановок, благоприятных для развития микроорганизмов и для сопровождающих их жизнедеятельность процессов восстановления сульфатов, нитратов, образования углекислоты и т. п.; во влиянии на величины  $Eh$  и  $pH$  среды; участии во вторичном минералообразовании (вивианит, пирит); создании биогенных накоплений (торф, ил) и т. д.

По влиянию на среду и миграцию элементов в бассейне Днепра можно выделить 5 видов состояния органического вещества: живые растительные и животные организмы, слабо измененный растительный детрит, сильно разложившаяся органика, рассеянное вещество в речных осадках и водах, метаморфизованное органическое вещество (дъи и др.).

В современных речных песках различных фациальных обстановок долины Днепра  $S_{орг}$  (по данным А. А. Лазаренко, 1964) содержится (%): для русловых фаций: (стрезень — до 0,05 (среднее 0,04), русловая отмель — 0,01—0,34 (0,19); для пойменных: приречной поймы — 0,04—0,37 (0,14), внутренней поймы — 0,10—0,43 (0,22) и старичных фаций — 0,03—0,32 (0,16). С уменьшением величины обломочных частиц осадков содержание  $S_{орг}$  обычно возрастает и составляет, например, в старицах для крупных алевритов 0,32—2,12% (среднее 0,91%), мелких алевритов — 0,46—5,72 (1,83) и пелитов — 1,10—5,03% (1,93%). В торфяных почвах заболоченных пойм Полесья количество  $S_{орг}$  колеблется в пределах 80—88, а в аллювиально-луговых почвах — 1,89—3,9%.

В погребенном аллювии бассейна Днепра, по нашим данным, содержание  $S_{орг}$  меняется в широких пределах. Так, у осадков климатического оптимума александрийского межледниковья оно варьирует для супесей в пределах 0,54—0,74 и суглинков 0,19—1,33%; у неогеновых глин — от 0,07 до 0,77 (среднее 0,37%). В составе фракции  $<0,001$  мм аллювиальных осадков  $S_{орг}$  составляет у глин брестского возраста 1,18%, налибокского — 0,67, шкловского — 1,0—2,28, муравинского — 0,40—4,37%. Интересно отметить, что в разрезе д. Бронное (см. рис. 6) в осадках холодного периода (пачки

VIII, I)  $S_{орг}$  содержится 0,01—0,03% (среднее 0,02), в то время как в осадках теплового — от 0,05 (пачка III) до 0,09 (пачка V) при среднем 0,05%.

Из общих закономерностей распределения  $S_{орг}$  в речных аккумуляциях бассейна Днепра мы можем отметить возрастание его содержания в ряду аллювиальных фаций русловая — пойменная — старичная; вкrest простирания долины при переходе от русла к тыловой части поймы; вниз по течению реки и в литологическом ряду осадков пески — супеси — биолиты. Однако имеются исключения, например, в Полесье наблюдается заторфовывание русла (низовья Уборти), в то время как отдельные старичные водоемы почти не зарастают (среднее течение Припяти).

По определениям К. И. Лукашева, А. Л. Жуховицкой, А. А. Замяткиной (1963, «Геохимические провинции...», 1969), Е. П. Нахшиной (1966) и др., органическое вещество в речных водах бассейна имеет следующие показатели цветности вод: от 30 (Друть) до 190° (Березина), от 50 (верховье Днепра) до 70° (низовье), у полесских рек колеблется от 30 (Локнея, Ясинец) до 300° (Оресса, Бобрик), от 150—190 (верховье Припяти) до 200—230° (низовье).

В составе органического вещества вод Днепра и Припяти содержится (%): фульвокислот — 87,5—96,4, гуминовых кислот — 3,6—12,7. Его истинно растворимое количество достигает 36,3%.

Прямыми определениями состава речных вод бассейна Днепра показано, что органическое вещество в большинстве случаев оказывается основным фактором и способом миграции и аккумуляции Fe, Mn, Ni, Cu, Co. По М. А. Глаголевой (1959), здесь с органическим веществом в форме соединений с гумусовыми кислотами мигрирует до 63% Fe.

Органические соединения осадков (гумус, аминокислоты, битумы, хлорофилл, пероксидаза и др.), обладающие высокой способностью к адсорбции и комплексообразованию с металлами, способствуют растворимости соединений, миграции и накоплению Fe, V, Ni, Mo, Cu, Co, Mn и других элементов. Взаимодействие органических соединений и минеральной части осадка может сопровождаться образованием вторичных минералов (глин и т. д.). Аминокислоты являются сильными восстановителями и комплексообразователями. Процессы оподзоливания почв террас во многом определяются образующимися здесь фульвокислотами.

Развитие органического вещества, особенно гумусового состава, вместе с высокой подвижностью железа на территории Припятского Полесья, в долине Березины и низовьях Днепра создает благоприятные условия для формирования болотных железных руд.

Распространение микроэлементов в поймах во многом определяется площадями развития торфяников. Торфяные массивы являются благоприятной средой для мобилизации в аллювиальный перенос соединений железа и других элементов и выноса их за пределы бассейна. В последнем случае в прошлом, видимо, органическое вещество было основной причиной формирования некоторых месторождений железных и медных руд, приуроченных к дельтам палеорек. Известно, что под влиянием вод, насыщенных гумусовыми соединениями, происходит перекристаллизация и облагораживание золота в ряде древних и четвертичных аллювиальных россыпей и т. д.

**Геохимическая обстановка аллювиального литогенеза.** Суммируя закономерности и особенности проявления описанных сред и сопутствующих им процессов, мы выделяем в речной долине три вида геохимических обстановок аллювиального литогенеза: субаквальную, супераквальную и элювиальную.

Надводная и подводная обстановки резко различаются характером рН и Eh, проявлением процессов выветривания, окисления, растворения минералов, физико-химической и коллоидной садки, степенью подвижности элементов, развитием и преобразованием биомассы, формированием гипергенных минералов и т. д. Одновременно на характер среды оказывает влияние развитие определенного типа отложений. В силу этого в пределах указанных видов выделяются разновидности обстановок преимущественного накопления: обломочных, биогенных и хемотренных продуктов.

Субаквальная обстановка свойственна руслу, старичным и болотным водоемам поймы. В русле, характеризующемся, как правило, преимущественным накоплением обломочного материала, миграция и аккумуляция элементов осуществляется в виде терригенных минералов и обломков пород. Процессы подводного выветривания связаны с дроблением, истиранием и растворением минералов. Распределение элементов и их соединений подчиняется дифференциации вещества по размерам и удельному весу частиц по зонам: стрежень — пристрежневая полоса — русловая отмель. В последней за счет волнового прибоя могут образовываться природные шлихи, обогащенные минералами редких и рассеянных элементов. В силу преимущественного развития песчаного материала литогенез характеризуется в основном накоплением Si, в меньшей степени — Al, K, Na, Ca, Mg и микроэлементов (исключая условия формирования русловых россыпей Au, Pt, Th, Ti, Zr и т. д.). Новообразования — окислы железа, карбонаты — здесь проявлены слабо. Диагнетические преобразования заключаются в некотором уплот-

нении осадка, окислении и т. п. Среда в целом нейтральная, слабощелочная.

В старичных и болотных водоемах с их преимущественно биогенным накоплением процессы механической садки выражены слабо и связаны с осаждением илистого материала. Широко развиты биогеохимические процессы, обусловленные растительным и бактериальным миром. Обстановка в основном слабощелочная и слабокислая. В условиях малого доступа кислорода идет медленное преобразование вещества отмерших организмов. Формируются гипергенные окислы железа и карбонаты; в старицах в резко щелочной среде образуются сульфиды железа — пирит, марказит; в болотах — минералы группы вивианита. Процессы диагенетических преобразований осадков протекают интенсивно и усиливаются с глубиной.

Переходные черты между русловыми и старичными условиями литогенеза свойственны заиленным участкам русловых отmelей, затонам и временным протокам.

Специфичны субаквальные условия подводной дельты рек, где накопление мелкообломочного и биогенного материала происходит в условиях различной степени осолоненности вод. Смешивание пресных речных и соленых морских вод здесь сопровождается хемогенной садкой труднорастворимых солей и коллоидов с новообразованиями карбонатов, глинистых минералов, глауконита и т. д.; меняется состав поглощенного комплекса привнесенного тонкодисперсного материала; отличны характер планктона и бентоса и продукты их жизнедеятельности и т. д. В условиях дельт возможны крупные хемогенные концентрации Fe, С, Си, Мп и других элементов.

Супераквальная обстановка свойственна пойме. Особенности протекания процессов аллювиального литогенеза здесь заключаются в чередовании аквальных и азральных условий, ослабленной по сравнению с руслом силе потока речных вод в период половодий, влиянии грунтовых и глубинных вод, большом разнообразии геоморфологической обстановки седиментогенеза и т. д.

В пойме выделяются участки с преимущественным накоплением тонкого обломочного материала в прибрежной пойме, хемогенных (луговые мергели, болотные железные руды на заболоченных поймах) и биогенных продуктов (торф в при-террасной пойме).

Ослабленное движение речных вод здесь ведет к механическому накоплению химических элементов главным образом в составе тонких песков, супесей, глин, наилков либо крупных скоплений древесины, листвы и т. д. В глубь поймы в связи с уменьшением *Md* частиц происходит закономерное

уменьшение содержаний Si и увеличение Al, Ca, K, Na и микроэлементов в составе терригенных продуктов.

Смена аквальных и аэральных условий, а особенно периодическое их чередование вызывают большую интенсивность процессов выветривания, окисления, восстановления, коагуляции коллоидов и их раскristализации, формирование органоминеральных комплексов, выпадение солей при испарении вод и т. д. Здесь более ярко проявляются процессы диагенетических преобразований: обезвоживание и отверждение осадка, коагуляция и синерезис коллоидов, формирование гипергенных минералов. В кислой среде широко развиты окислы и гидроокислы железа и марганца. В местах скопления органического вещества и развития микроорганизмов, характеризующихся восстановительной средой, образуются карбонаты, фосфаты; окисные формы железа переходят в закисные (мельниковит и др.), а при наличии сероводорода в пирит. Отложение лессов сопровождается карбонатообразованием. Коллоидные процессы ведут к генезису глинистых минералов. Образующиеся гипергенные минералы вызывают инконгруэнтные явления, задерживающие процессы выветривания (пленки гематита по магнетиту, биотиту и т. д.).

Литогенез в условиях поймы тесно переплетается с почвообразованием. Миграция элементов в процессе педогенеза в основном происходит вверх по разрезу в связи с жизнедеятельностью растений. Процессы инфильтрации атмосферных и паводковых вод ведут к перераспределению элементов в направлении сверху вниз с развитием горизонтов ожелезнения и оглеения. По корням растений, ходам червей и т. п. образуются трубчатые формы и конкреции гидроокислов железа, карбонаты, опал, лейкоксен, а на поверхности осадка — выцветы и порошковатые налеты сернокислых, хлористых и других солей. Геохимическая специфика почвообразования в условиях поймы заключается в процессах оглеения и накопления органического вещества и связанных с ними миграции и аккумуляции химических элементов и их соединений.

По сравнению с субаквальной обстановкой в супераквальной идет большая концентрация Al, Fe, Mn и микроэлементов. Характерно тесное переплетение процессов сингенеза, диагенеза и эпигенеза.

Элювиальная обстановка свойственна преимущественно террасам, где сформированные аллювиальные отложения испытывают вторичные эпигенетические изменения. Выветривание, миграция и перераспределение элементов здесь связаны главным образом с элювиальными, делювиальными и эоловыми процессами. Геохимическая специфика почвообразования заключается в основном в процессах подзолообразования.

При формировании речных осадков в перигляциальных условиях отмечаются те же черты субаквальных и супераквальных обстановок. Однако особенностью их является отсутствие органического вещества и связанной с ним совокупности проявления биогеохимических и геохимических процессов и продуктов литогенеза; частое накопление тонкодисперсного однородного материала в водоемах озерного типа с признаками проточности; перегруженность русловых потоков однородным песчаным материалом; слабое по сравнению с теплыми периодами развитие хемогенных продуктов (исключая карбонатообразование лессовых пород).

Таким образом, обстановки литогенеза на территории бассейна Днепра имеют большое разнообразие и пестроту. Основные закономерности их проявления таковы: 1) уменьшение субаквальных и возрастание супераквальных обстановок вниз и вкрест простираения речных долин; 2) в субаквальных обстановках влияние на среду литогенеза преимущественного накопления обломочного материала уменьшается, а биогенного и хемогенного — возрастает от стрежени в глубь поймы и вниз по долине реки; 3) роль биогенного материала и биохимических процессов усиливается по мере развития старичных и болотных водоемов (ряд: затон — старица ранней, озерной и стадии зарастания — болото). С зарастанием водоемов роль субаквальной обстановки ослабевает с усилением и сменой на супераквальную; 4) в пределах супераквальных обстановок преимущественное накопление обломочного материала ослабевает, а биогенное и хемогенное усиливается в направлении от приречной к притеррасовой и центральной поймам; 5) роль биогенных процессов и продуктов в межледниковом литогенезе возрастает с периодическими потеплениями и уменьшается с похолоданиями климата.

Отдельные регионы имеют свои особенности развития геохимических обстановок. Например, широко проявлены субаквальные условия с доминирующим влиянием биогенных накоплений в долинах Припяти и Березины по сравнению с условиями в днепровской долине.

### **Геохимическая характеристика гипергенного минералообразования в аллювии**

Продуктами геохимических процессов, сопровождающих аллювиальный литогенез, являются гипергенные минералы. Для бассейна Днепра они представлены 6 группами: окислы и гидроокислы железа, марганца, титана, кремния; карбонаты кальция, магния, железа, марганца; фосфаты; сульфиды железа; сульфаты кальция; алюмосиликаты. Биогеохимиче-

ские процессы при аллювиальном литогенезе ведут к образованию различных органических соединений. Формирование указанных продуктов определяется фациальными условиями накопления осадков и их диагенетическими преобразованиями, наложением педогеохимических и других процессов.

Гидроокислы железа являются наиболее распространенными новообразованиями. Они представлены порошковатыми и пленочными налетами и корочками, студенистыми сгустками («ржавцы»), примазками на обломках, конкреционными стяжениями, ортзандами и ортштейновыми горизонтами, болотными рудами, псевдоморфозами по корням растений и т. д. Сложены гидрогетитом, коллоидной гидроокисью, лимонитом и очень редко лепидокрокитом, эренветитом и другими.

Развитие вторичных окислов и гидроокислов трехвалентного железа в аэрируемых условиях придает осадкам желтую, желтовато-бурую и бурую окраску. В условиях обводненных пойм осадки имеют серый цвет из-за закисных соединений железа.

Состав железных новообразований бассейна Днепра колеблется в пределах (%): для  $\text{SiO}_2$ —35,96—88,40,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ —2,59—8,65,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ —20,19—46,83,  $\text{FeO}$ —0,51—1,57,  $\text{CaO}$ —0,03—0,50,  $\text{MgO}$ —0,24—1,44,  $\text{K}_2\text{O}$ —0,18—0,66,  $\text{Na}_2\text{O}$ —от следов до 0,27,  $\text{SO}_3$ —до 0,05, п.п.п. 2,24—7,82. Содержание кремнезема и глинозема в них обычно связано с включениями кварца, полевых шпатов и глинистых минералов; в меньшей степени с содержанием их гелей с окислами железа, выпавших одновременно из коллоидных растворов, о чем свидетельствуют присутствие в них аморфных форм  $\text{SiO}_2$  0,05—0,40% (среднее 0,22) и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ —0,19—0,27 (0,23%). Содержание аморфных окислов Fe составляет 0,46—0,51% (0,48%). На накопление Al, Mg и Si при формировании железистых минералов указывают также исследования Е. В. Аринушкиной (1939), обнаружившей в солянокислых вытяжках ортзандов  $\text{SiO}_2$  4,08—9,94%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  39,82—55,58,  $\text{CaO}$  26,0—46,0,  $\text{MgO}$  31,2—63,27 и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  51,70—65,0%.

Количество закисного и окисного железа зависит от степени увлажнения и аэрирования осадка, окислительно-восстановительной среды. В изученных объектах отношение  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  :  $\text{FeO}$  колеблется от 30,6 до 39,6 (среднее 34,9).

Содержание микроэлементов в новообразованиях составляет ( $n \cdot 10^{-3}\%$ ): для Mn — до 10, Ni — 0,1—1 (среднее 1), Sr — 1—2 (1,6), V — 1—3 (2), Cu — 1—5 (1), Zn — 10—20 (15), Ba — 45—55 (50) и Ti — 8—50 (29); спорадически встречаются Sr, Pb, Co, Mo, Y, Ga. Степень концентрирования макро- и микроэлементов в этих новообразованиях указывалась выше.

А. А. Лазаренко (1964) отмечает также концентрирование в железистых конкрециях современного аллювия Днепра Р,  $S_{орг}$ ,  $CO_2$ , Са, Ga. По степени концентрации им выводятся ряды подвижности элементов:  $Mn \rightarrow Fe \rightarrow P \rightarrow Ca$  для пойменных и  $P \rightarrow Mn \rightarrow Fe \rightarrow Ca$  для старичных условий.

В железистых новообразованиях пойменных почв Русской равнины В. В. Добровольский (1968) указывает повышенные концентрации для Fe, Mn, P, S, Co, Cr, Ni и V.

Интересно отметить (табл. 55), что во вторичных образованиях соединений железа речных осадков по сравнению с болотными рудами отмечается больше  $SiO_2$  и  $Al_2O_3$  и меньше Са, Mg, Mn, Cu, Ba и Ti, что, видимо, обусловлено биогеохимической концентрацией элементов при болотном минералообразовании.

Основными процессами осаждения железа являются переход растворенных закисных соединений в труднорастворимые гидроокислы типа  $Fe(OH)_3$  и выпадение коллоидов при изменении pH. С нейтрализацией положительно заряженных  $Fe(OH)_3$  на отрицательной поверхности  $SiO_2$  связано обволакивание кварцевых зерен пленочками железа. Немалую роль играют жизнедеятельность бактерий и процессы преобразования железоорганических соединений. Лимонит может накапливаться за счет разложения гумматных соединений железа под действием кислорода. Источником железа для новообразований в речных долинах бассейна Днепра являются выходы подземных и грунтовых вод, а также речные воды, связанные с болотными массивами.

В условиях русла Днепра часто отмечаются пленки и разводы окислов железа на поверхности вод и прибрежных участках. В литературе отмечены случаи образования бобовин и конкреций железа на дне быстротекущих рек, что связано с выпадением коллоидов. Эти же процессы, видимо, лежат в основе формирования промышленных железорудных концентраций, образующихся в русловых (олигоценые руды Тургая, Л. Н. Формозова, А. Л. Яницкий, 1954) и дельтовых (плиоценовые руды Керченского бассейна и Лисаковского месторождения, А. Н. Соловкин, 1967) условиях.

Характерно, что руды обеднены кремнеземом, имеют повышенные концентрации железа по сравнению с конкрециями в аллювиальных песках и супесях. Дельтовые руды по сравнению с русловыми имеют более высокие концентрации фосфора.

В пойменной обстановке генезис ортандов связан с разгрузкой грунтовых вод, а трубчатых новообразований — с подъемом вод корневой системой растений. Эти процессы широко развиты в условиях стариц и вторичных пойменных водоемов Полесья. Значительное количество железа выпада-

## Химический состав аллювиальных железистых новообразований,

Возраст	Место взятия пробы	Характер образований	Фашия, тип аллювия	Кол-во проб	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
Четвертичные	Припять, пос. Стрельск, Мозырский район	бобовины	пойменная	1	88,40	3,50	4,31	
		желваки	«	1	54,27	8,65	26,76	
	Припять, д. Майден, I надпойменная терраса, глубина	0,10—0,25 м	бобовины	руслевая пойменная	1	35,96	6,09	46,83
		0,25—0,32 м	«		1	54,19	5,59	32,65
		0,40—0,50 м	«		1	72,00	2,59	20,19
	Бассейн Припяти	железные руды на речных отложениях	аллювиально-болотные	11	10,06—63,85	0,21—6,69	23,06—78,89	
					34,14	3,47	48,72	
	Неман, с. Морино	бобовины	пойменная	4	32,70—65,84	8,46—44,28	17,45—44,28	
		« д. Шавдино	«	1	39,77	10,45	10,56	
	Вилия, ст. Вилейка	«	пойменная	1	61,89	8,98	21,11	
«					«	«	«	
Клязьма	конкреции	руслевая	4	5,59—5,71	10,78—11,46	65,07—65,51		
	«	пойменная	1	18,50	2,40	65,0		
Реки Швеции	железомарганцевые конкреции	аллювиальные	2	—	—	18,2—60,2		
Керчь	железная руда	дельтовый	2	15,22	5—5,2	30—70		
Олигоценые	Скаппуз, США	гранулитовые руды	руслевая	9	4,60	4,90	52,49	
		мягкие лимонитовые руды	«	7	3,18	2,12	55,00	
		твёрдый лимонит	«	3	1,18	0,81	59,76	
		гранулитовые руды с мягкой	«	5	7,28	5,86	50,18	
		мягкие руды с гранулитовой	«	5	15,62	10,68	40,92	
Юрские	Альтенбекер, Германия	железная руда	«	2	9—25	6,1—10,7	27,5—57,8	
	Лоррейн, Франция	«	«	2	7,9—33,6	2,3—5,5	44,5—50,6	
Меловые	Серовское месторождение, Урал	бобово-конгломератовые руды	озерно-аллювиальный	2	10—20	10—15	30—40	
		бурый железняк	«	2	11—26	11—25	25—55	

## сформировавшихся в различных фашиальных условиях, %

MnO	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	п.п.п.	Автор
—	0,29	0,24	0,66	0,17	0,03	не опр.	2,24	В. А. Кузнецов
—	0,15	1,44	0,56	0,27	0,05	«	7,57	«
—	0,15	0,87	0,18	0,14	—	«	7,82	«
—	0,04	0,57	0,30	0,08	0,03	«	6,90	«
—	0,03	0,50	0,37	не обн.	0,04	«	3,70	«
—	0,56—3,31	0,27—1,32	—	—	—	—	—	Е. Н. Гиммельштейн, 1948
—	1,65	0,61	—	—	—	—	—	«
не обн.	0,37—1,79	0,59—0,79	0,58—0,83	0,42—1,09	—	не опр.	4,49—0,71	В. А. Кузнецов
—	3,78	14,29	3,53	0,59	—	«	15,97	«
1,25	0,70	0,29	0,53	0,50	—	«	5,00	«
—	сл.	0,10—0,10	0,14—0,15	—	—	—	17,64—17,76	В. В. Добровольский, 1966
—	—	—	—	—	—	—	14,20	«
7,6—42,0	—	—	0,06—0,6	—	0,004—0,008	—	—	Е. Gorham, D. J. Swaine, 1965
0—14	1,89	1,02—1,07	—	—	0,13—0,34	1,4—5,7	—	И. П. Бардин, 1957
0,27	0,06	0,13	—	—	0,04	0,99	12,37	Р.Е. Hotz, 1953
0,35	0,05	0,22	—	—	0,03	0,98	11,60	«
0,09	0,06	0,10	—	—	0,02	0,24	10,37	«
0,24	0,04	0,11	—	—	0,03	0,67	13,25	«
0,22	0,07	0,13	—	—	0,03	0,42	13,78	«
сл.	7,3—26,0	2,0—2,95	—	—	0,2—0,3	0,09—2,1	—	Ф. Beyschlag и др., 1921
«	5,3—19,0	0,5	—	—	0—0,1	1,6—1,8	10,7—22,3	«
—	—	—	—	—	—	—	—	А. Л. Яницкий, 1965
—	—	—	—	—	—	—	—	»

ет с органическим веществом в виде наилок при спаде паводковых вод.

По данным А. К. Оглезнева (1968), в ортштейнах гидроморфных дерново-подзолистых почв содержится (%): Si — 22,20—32,50, Al — 5,61—11,32, Fe — 4,22—14,86, Ca — 0,52—1,39, Mg — 0,33—1,03, P — 0,15—5,29, гумуса — 1,43—9,38. При этом в неоглеенных почвах образуются преимущественно темно-серые железисто-марганцовистые ортштейны (с отношением Fe : Mn 0,8—2,3), в глееватых — бурые марганцовисто-железистые образования (3,2—36,2) и в глеевых почвах — черные гумусовые ортштейны (до 80,7). Отношения Fe : Mn в однонормальных сернокислых вытяжках из указанных ортштейнов соответственно составляют 2,1—4,6; 9,1—51,7 и 67,3. Цвет новообразований и величина отношения Fe : Mn в них могут быть использованы как показатели степени заболачивания пойм и развития процесса оглеения.

Образующиеся пленочные окислы железа влияют на миграцию и аккумуляцию элементов. Они увеличивают поглонительную способность поверхностно-инертных минералов и уменьшают поверхностно-активных. По данным В. М. Фридлянда, И. Г. Цюрупы (1966), емкость катионного обмена в связи с этим возрастает для кварца от 2,7 до 3,6, каолинита от 6,8 до 8,1 и уменьшается для мусковита от 30,3 до 23,3 мг-экв/100 г. Степень адсорбции окислов железа составляет для кварца до 120 и каолинита до 150 мг/100 г.

Гидроокислы марганца обычно формируют смеси с окислами железа. Отмечаются самостоятельные выделения псиломелана. Последние в речных осадках рассматриваемой территории часто встречаются в виде примазок и порошковатых налетов. Основной процесс их образования связан с переходом в окислительной обстановке двух- и трехвалентных соединений марганца в труднорастворимые четырехвалентные с участием микроорганизмов.

Гидроокислы титана. Гипергенную природу окислов титана среди аллювиальных новообразований установить трудно, несмотря на повышенные содержания лейкоксена в ассоциации тяжелых минералов осадков Днепра, Припяти и других рек Белоруссии. Лейкоксен встречается в виде зерен, пленок и налетов на ильмените и биотите. На возможность лейкоксенизации в процессах аллювиального литогенеза в бассейне Днепра указывает присутствие вторичных гидроокислов титана по растительным остаткам, формирование которых связывается с окислением титанорганических соединений. Процессы лейкоксенизации в четвертичном аллювии территории СССР рассматриваются в работе Н. Г. Судаковой (1965), а в русловых и дельтовых осадках древних угленосных формаций — Н. В. Рентгартен (1956).

Гидроокислы кремния в виде новообразований опала, развивающихся по растительным остаткам, отмечены нами в русловом и пойменном аллювии бассейна Припяти.

Сведения о новообразованиях кремния в аллювиальных отложениях единичны. И. Д. Гофштейном и М. Ю. Рипун (1961) во II надпойменной террасе Днестра обнаружены налеты и корочки колломорфного халцедона, опала и кварца, формирование которых связывается с выпадением кремнезема из грунтовых вод при понижении рН до 4. По А. А. Лазаренко (1964), в старичных и болотных водоемах речных долин Днепра, Десны и Оки отмечается процесс растворения органического опала, слагающего панцири диатомовых организмов.

Из-за малочисленности находок новообразований кремния условия и процесс их формирования в аллювиальном литогенезе остаются не изученными. Представляется, что они должны иметь большее распространение в речных осадках, на что указывает присутствие аморфного кремнезема в отложениях.

Карбонаты в речных осадках бассейна Днепра встречаются в виде порошковатых налетов, примазок, ромбоздров, конкреций и самостоятельных горизонтов, образующихся как в современных пойменных и старичных условиях (среднее течение Припяти, верховья Словечны, Днепра), так и в древних аллювиальных свитах (д. Дворец, М. Александрия и др.).

По Б. Г. Еськову (1966), в современных старичных осадках Днепра карбонаты отмечаются в виде прослоек, а в I надпойменной террасе в виде отдельных кристаллов. А. А. Лазаренко (1964) описывает для современных стариц Оки сферолитовые стяжения карбонатов.

Карбонаты в бассейне Днепра представлены главным образом кальцитом, реже доломитом, сидеритом и очень редко манганокальцитом. По нашим данным, состав этих новообразований может быть охарактеризован следующим образом. Карбонаты в песчаных осадках Припяти содержат (%):  $\text{SiO}_2$  17,69,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  8,28,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  9,19,  $\text{CaO}$  30,79,  $\text{MgO}$  2,70,  $\text{Na}_2\text{O}$  0,36,  $\text{K}_2\text{O}$  1,98% и микроэлементы ( $n \cdot 10^{-3}\%$ ): Mn 80, Ni 1,5, Cu 2,5 и Ba 45; в аллювиальных лессах (%):  $\text{SiO}_2$  8,1,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  0,61,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0,70,  $\text{CaO}$  50,73,  $\text{MgO}$  0,49,  $\text{CO}_2$  38,67,  $\text{SO}_3$  0,44 и  $\text{H}_2\text{O}$  0,45. В луговом мергеле территории Полесья содержится 39,98—62,16%  $\text{CaCO}_3$ , 6,10—8,39  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  и микроэлементы ( $n \cdot 10^{-3}\%$ ): Ti 1,5—15, Mn 30—200, V, Cu, Ni, Mo по 1, Ba 10, Sr 20—60, а среднего течения Днепра  $\text{SiO}_2$  46,43—74,90 (среднее по 4 анализам 63,98),  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$  5,36—8,60 (6,70),  $\text{CaO}$  7,62—23,88 (14,28),  $\text{MgO}$  0,34—1,03 (0,60),  $\text{SO}_3$  0,17—0,85 (0,53), п.п.п. 7,19—21,06 (12,78).

Как отмечалось выше, с формированием карбонатов связано концентрирование Ca, Mg, Mn, Cr, Ba и обеднение Ni, Co, V, Cu.

По данным В. В. Добровольского (1959), в четвертичных карбонатных новообразованиях Центрально-Черноземной области постоянно присутствуют Ti, Mn, Cu, Zn, Cr, Sr, Ba, часто Ni и Ga, при этом карбонатные стяжения по сравнению с вмещающими породами богаче Ca в десятки раз, а Sr в 2—3 раза и беднее Ni, Co, V и Ba в 1,5—2 раза.

Формирование карбонатов в старичных условиях обусловлено хемогенной садкой в условиях повышения рН, в пойменной обстановке — разгрузкой грунтовых вод в местах распространения меловых отложений. Карбонатные пленки, корки и цемент широко распространены в гравийно-галечных речных отложениях верхнечетвертичного и голоценового возраста рассматриваемой территории и связаны с выщелачиванием обломков известняка, доломита и мела и переотложением карбонатов.

Сезонные изменения содержаний карбонатов в речных наносах описаны А. Ф. Скворцовым (1950), который выделяет 3 периода: осенне-зимний (минимум карбонатов), весенний (увеличение) и летне-осенний (снижение содержаний карбонатов).

Карбонаты аллювиальных лессов Днепра формировались на различных стадиях литогенеза и имеют неодинаковую природу. Выделяется два типа: сингенетичные (терригенные обломки и крипто-мелкозернистые скопления) и эпигенетические («журавчики» и «дутики»). Для понимания палеогеохимических особенностей речного литогенеза наибольший интерес представляет первый тип образований.

Фосфаты в речных осадках бассейна Днепра встречаются в старицах, заболоченных поймах (пос. Словечно, дд. Кончицы, Мерчицы) и на I надпойменных террасах (Брестская и Гомельская обл.); реже отмечаются в русловом аллювии Припяти, Горыни, Птичи и других рек. Представлены порошковатыми, пленочными и комковатыми образованиями ярко-синего вивианита, бледно-желтого и желтого бераунита, красновато- и палево-желтого керчинита. В основном сложены вивианитом, который развивается по ожелезненным остаткам растительности; в верховьях Припяти в аллювии он отмечен по остаткам рыб (В. Ф. Лисняк, А. А. Ясинская, Я. Д. Тымчишин, 1961).

По нашим данным, в фосфатах и торфофосфатных речных осадках бассейна Припяти отмечаются (%):  $\text{SiO}_2$  36,62,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  10,7,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  19,82, CaO 1,81, MgO 4,56,  $\text{K}_2\text{O}$  0,83,  $\text{Na}_2\text{O}$  0,33 и  $\text{SO}_3$  0,36, п.п.п. 24,72 и микроэлементы ( $n \cdot 10^{-3}\%$ ): Ti 150—400, Mn 5—80, Cr 5—8, Ni 4,5—8, V 8—9, Cu 1—5, Zn 10—

20, Рb до 1 и Ва 60—200. По Г. И. Бушинскому (1946), вивианиты Белоруссии характеризуются содержанием  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  28,01—50,84,  $\text{FeO}$  14,40,  $\text{P}_2\text{O}_5$  25,30—30,64,  $\text{CaO}$  0,57,  $\text{CO}_2$  0,53,  $\text{MnO}$  0,20%. В землистых разностях вивианита из Западной Украины встречены  $\text{Ti}$  0,1%,  $\text{Cr}$  0,001,  $\text{Ni}$  0,01,  $\text{Cu}$  до 0,1,  $\text{Zn}$  0,1,  $\text{Ba}$  0,01% (В. Ф. Лисняк, А. А. Ясинская, Я. Д. Тымчишин, 1961).

Вивианит распространен обычно в ассоциации с гидроксидами железа и карбонатами. Так, в пойме Словечны отмечаются 3 зоны гипергенного минералообразования: ярко-желтого и желтого лимонита (глубина 0,05—0,55 м), бурых, коричневых окислов и гидроокислов железа и ярко-синих минералов группы вивианита (0,55—1,50) и зона кальцита с сидеритом (1,50—2,20 м).

Механизм формирования фосфатов и их динамика для условий Белорусского Полесья раскрыты в работе Г. И. Бушинского (1946). Фосфаты, формирующиеся при аллювиальном литогенезе, описаны также Б. П. Кротовым (1924), Е. В. Шанцером (1951), А. А. Лазаренко (1964).

**Сульфиды железа.** В речных осадках они встречаются редко. Пирит и марказит отмечены главным образом в старичных, реже пойменных осадках. Возможно присутствие менее устойчивых гидротроилита и мельниковита.

В аллювиальных комплексах неогена, связанных с угленосными накоплениями, пирит встречается часто, составляя в среднем (27 проб, месторождение Житковичи) от 16,1 (фракция 0,075—0,1 мм) до 37,5% (0,25—0,1 мм). Представлен он оолитоподобными и почковидными агрегатами, а также трубчатыми, волокнистыми и пластинчатыми псевдоморфозами по органическому остаткам.

**Сульфаты.** Минералы этой группы — сульфаты кальция (гипс), железа (сидеритилит, мелантерит) и другие не являются типоморфными для речных новообразований гумидной зоны. На редкое их нахождение здесь указывают В. В. Добровольский (1966) и А. А. Лазаренко (1964).

В долине Припяти гипс встречен в пойменных осадках муравинского возраста в районе д. Дорошевичи. Поиск и исследование сульфатов в речных осадках гумидной зоны представляют определенный интерес для понимания миграции и аккумуляции элементов в связи с различными соединениями серы.

**Алюмосиликаты.** Составляющие эту группу глинистые минералы являются продуктами гипергенеза, формирующимися преимущественно за счет выветривания полевых шпатов и слюд. Между ними установлены генетические ряды: полевые шпаты — слюда — гидрослюда — монтмориллонит и др. (Н. И. Горбунов, 1963).

Р. F. Kerr (1955) на примере исследования четвертичных глин Миссисипи пришел к выводу, что образование глинистых минералов в небольших масштабах происходит при супергенных процессах; благоприятными условиями при невысоких температурах являются участки заболачивания с наличием органических кислот.

В почвах и речных осадках Днепра Е. А. Яриловой, Е. И. Парфеновой (1957), А. А. Лазаренко (1964) и другими установлены метаколлоидные сгустки в виде зонарных сферолитов или слоистых пленок, которые представляют новообразования глинистого вещества, рассматриваемые как промежуточное состояние между монтмориллонитом и иллитом, в отдельных случаях близких к иллитам. По данным Е. А. Яриловой и Е. И. Парфеновой (1957), они имеют ряд особенностей, заключающихся в повышенных содержаниях железа и малых концентрациях калия (по отношению к иллиту), а также переменности химического состава.

Однако диагностика и разделение глинистых минералов с точки зрения приуроченности их формирования к определенным стадиям (сингенезу, эпигенезу; терригенным и гипергенным образованиям) аллювиального литогенеза в настоящее время представляет большие трудности. Далее приводится суммарная характеристика фракции  $<0,001$  мм речных отложений бассейна Днепра. Комплекс глинистых минералов в ней представлен главным образом гидрослюдой, в меньшей степени каолинитом и монтмориллонитом и смешанно-слоистыми образованиями типа гидрослюда — монтмориллонит и хлорит — монтмориллонит, очень редко встречается галлуазит и вермикулит.

Во фракции  $<0,001$  мм руслового аллювия территории Полесья отмечаются (в порядке убывания): гидрослюды (гидромусковит, иллит), монтмориллонит, каолинит, галлуазит, бейделит. В составе этой фракции проб, взятых из русел различных рек, выявлены некоторые особенности. В верховьях Птичи, Случи, Словечны, Желони она обогащена карбонатами: в низовьях Пины и среднем течении Припяти — монтмориллонитом; в верховьях правых притоков Припяти (Ствига, Горынь и др.) — биотитом; на участках размыва изверженных пород — каолинитом (Уборть и др.). Как правило, по мере перехода от верховьев к низовьям притоков Припяти встречаемость сопутствующих гидрослюде минералов постепенно уменьшается; в их устьях данная фракция однородного гидрослюдистого состава.

Отмечается закономерное увеличение гидрофильности фракции менее  $0,001$  мм в ряду пойменных условий: приречная — внутренняя пойма — вторичные водоемы поймы (Б. Г. Еськов, 1966).

Состав фракции  $<0,001$  мм четвертичных аллювиальных и палеогеновых дельтовых осадков приведен в табл. 64.

Формирование глинистых минералов сопровождается концентрацией ряда микроэлементов. Содержание микроэлементов во фракции  $<0,001$  мм современных речных осадков бассейна Припяти составляет ( $n \cdot 10^{-3}\%$ ): Mn 5—200 (среднее 93,3), Ni 1—15 (4, 3), Co 1—3 (1,5), Cr 8—50 (23,0), V 2—40 (6,5), Cu 3—10 (7,6), Zr до 30 (15,6), Ba 60—300 (106), Pb до 10 (1,9), Ti 10—300 (286), а днепровского бассейна: Mn 20—300 (76,6), Ni 1—3 (1,4), Co 1—5 (1,3), Cr 2—8 (4,6), V 4—10 (6,3), Cu 1—10 (3,0), Zr 3—20 (12), Ba 10—200 (59,1), Pb до 3, Be до 0,3, Ti 100—300 (145). Концентрации микроэлементов в поглощенном комплексе данной фракции древних речных осадков показаны на рис. 23.

При экспериментальном изучении поглощения элементов из речных вод Д. Р. Kharkar, К. К. Turekian, К. К. Bertine (1968) установили следующие величины адсорбции Ca, Ag и Se: соответственно монтмориллонитом — 90, 30 и 50, иллитом — 90, 20 и 30, каолинитом — 40, 10 и 10 и десорбции: монтмориллонитом — 70, 30 и 50, иллитом — 20, 20 и 50, каолинитом — максимум 60 и 70% их общего содержания.

По наблюдениям А. К. Оглезнева (1968), гидроморфные дерново-подзолистые почвы в зависимости от степени заболачивания речных долин различаются цветом и составом коллоидных глинистых новообразований: в глубокоогулеенных почвах преобладают красновато-бурые слабо обесцвеченные минералы (с отношением  $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$  близким 4,5), в глеевой — золотисто-желтые (около 5,5), в дерново-глеевых почвах — полностью обесцвеченные разности (около 7,0). Эти данные могут быть использованы при палеогеохимических реконструкциях условий аллювиального литогенеза в погребенных долинах.

Выше рассматривалось использование глинистых минералов для выяснения палеогеографических обстановок литогенеза в разрезе неоген-четвертичной толщи бассейна.

Органические соединения. В условиях речной долины в субаквальных и супераквальных средах идет постоянное преобразование биовещества отмерших растительных и животных организмов с формированием различных типов органических соединений.

Применительно к аллювиальному литогенезу сведения в этом отношении немногочисленны. В частности, в его продуктах установлены следующие органические соединения (по данным F. M. Swain, 1963): гидраты — глюкоза, галактоза, фукоза, фруктоза, ксилоза, рамноза и др., аминокислоты —  $\alpha$ -аланин, аргин, цистин, глутаминовая кислота, глицин, хистидин, лейцин, лизин, серин, валин и др. Отмечаются так-

же пигменты (каротины, каротиноиды и др.), гидрокарбоновые и другие органические вещества (пирины, воски, витамины и т. д.), минералы — соли органических кислот (эрландит, вевелит, пиготит, меллит и др.).

Широко развиты органоминеральные комплексы. Указанные соединения формируются в старицах, на поймах при преобразовании наилок и развитии торфяников. Образование подобных осадков возможно при замерзании речных вод, на что указывают опыты А. М. Пчелинцева (1967).

Для рассматриваемой территории сведений о составе и поведении органического вещества еще мало. В. Е. Раковским и др. (1956) показано, что процесс преобразования торфяников при погребении сопровождается увеличением гуминовых кислот за счет легкогидролизующихся компонентов, возрастает доля негидролизующихся и трудногидролизующихся веществ.

Установлено, что с возрастом в торфянике возрастает содержание воскообразных веществ, уменьшается количество уроновой кислоты, асфальтенов и т. д. С ростом концентрации гуминовых кислот увеличивается обменная емкость торфа.

Неогеновые аллювиальные глины Поднепровья содержат хлороформенного битума 0,02—0,04%, спиртобензольных битумов 0,01—0,03, гуминовых кислот 0,01—0,05%, что на фракцию  $C_{орг}$  соответственно составляет 3,0—17,39; 4,0—13,04 и 4,35—20,0% (В. К. Лукашев, 1970).

Концентрации органических кислот (R. F. Kerr, 1955) в болотных условиях при невысоких температурах могут способствовать образованию глинистых минералов. Взаимодействие алюмо-органических комплексов с растворимым в воде кремнеземом благоприятствует образованию каолинита и формированию некоторой части вторичных каолиновых глин. Гуматы, фульваты и другие органические кислоты образуют с Fe, Ti, V и U устойчивые соединения, способные к длительной миграции и т. д.

Пока не раскрыто все разнообразие органических соединений и их роль в литогенезе.

Результатами работ (С. М. Манская и Т. В. Дроздова, 1964; «Геохимия озерно-болотного литогенеза», 1971) роль органического вещества в миграции элементов начинает все более раскрываться, что позволит в дальнейшем осветить эту неизученную сторону аллювиального литогенеза.

Из вышеизложенного следует, что при аллювиальном литогенезе химические, коллоидные и биохимические процессы сопровождаются формированием гипергенных новообразований. Их сочетания в различных фациальных условиях речных долин должны несколько отличаться друг от друга: в русловых осадках встречаются в основном гидроокислы

железа и карбонаты; в пойменных — гидроокислы железа и марганца, глинистые минералы (типа иллита); в заболоченных поймах — минералы группы вивианита, карбонаты (кальцит, сидерит, манганокальцит), гидроокислы железа, различные органические соединения; в старичных — пирит, марказит, арагонит, кальцит, органические соединения и т. д. Близкие комплексы аутигенных минералов речных долин описываются А. А. Лазаренко (1964), А. В. Македоновым (1966) и др.

Различные климатические условия накладывают отпечаток на комплекс гипергенных новообразований в аллювии. Выше приведены наиболее типичные комплексы новообразований гумидной зоны. В зоне степей более развиты карбонаты, глинистые минералы типа монтмориллонита; в пустынях — хлориды, сульфаты, карбонаты; в субтропической и тропической зонах — глинистые минералы типа каолинита, диаспор, окислы и гидроокислы железа, марганца. Специфические особенности состава новообразований аллювия различных зон отражены в работах К. И. Лукашева (1958—1963), В. В. Добровольского (1966) и др. Дальнейшее накопление данных по составу новообразований погребенного аллювия поможет решать многие геологические, палеогеографические и палеогеохимические вопросы.

### Литогеохимические фации аллювия

Обстановку формирования пород исследователи связывают с понятием фации, которая рассматривается как географическая среда осадконакопления (литогенеза), отраженная в составе и свойствах осадка (породы). Существуют разнообразные подходы к толкованию смысла и объема этого понятия и, следовательно, различные классификации фаций.

Л. Б. Рухин (Справочное руководство, 1953) в континентальной группе фаций выделяет аллювиальную группу с фациями перлювия, русловую, прирусловых отмелей, перекатов, пойменную, стариц и озер. Фацию дельт относит он к переходной, континентально-морской группе. В. А. Обручев (1929) в аллювиальной формации отмечает пролювиальную, речную, источников и угольную фации; в формации дельт — галечниковую, песчаную, песчано-илистую и угольную. Н. И. Николаев (1946, 1947) различает следующие обстановки накопления речных отложений: русловую, пойменную, озерно-болотную, аллювиально-делювиальную. Среди генетических типов осадков им в группе флювиальных выделяются разновидности отложений и фаций: флювиогляциальные, аллювиальные (горный, равнинный, овражно-болотный), дельтовый

с субквальной и субаэральной разновидностями (пролювиальные, отложения конусов выносов, сухих дельт).

В. В. Ламакин (1948) с позиций динамического развития аллювия описывает 3 основные группы фаций: стрежневую, береговую и пойменную (с фациями стариц, пойменных ложбин, низких и высоких пойменных ступеней).

Л. Н. Ботвинкина (1965) характеризует следующие главные фациальные обстановки (с основными фациями): речных долин (русловые, пойменные, старичные), водоемов и обводненных участков суши (застойные водоемы болот), подводной части дельты.

Наиболее полно условия формирования речных осадков рассмотрены и обоснованы в трудах Е. В. Шанцера, А. А. Лазаренко и Ю. А. Лаврушина. Е. В. Шанцером (1961) по обстановкам осадконакопления у равнинных рек классифицируются 4 типа аллювия: рек с чисто озерным питанием; степных рек; овражно-болотный и перигляциальный аллювий. Характеристика фациальных сред равнинных рек умеренного пояса подробно изложена в работе Е. В. Шанцера (1951). А. А. Лазаренко (1964), следуя за Е. В. Шанцером, описывает макрофации для современного аллювия: русловую (с фациями пристрежневой, русловых отмелей, боковых протоков), пойменную (прирусловых валов, приречной и внутренней поймы), старичную (центральных частей крупных стариц, небольших стариц и краевых частей крупных стариц), смешанного характера (вторичных водоемов поймы, пойменных болотных почв и торфяников, аллювиально-пролювиальные). Указанные фации он подразделяет на субфации и микрофации. Ю. А. Лаврушин (1961) в равнинном аллювии различает три типа — нормальный, дельтовый и перигляциальный. В первом типе выделяются группы фаций — русловая, пойменная и старичная; во втором — русловая и лиманов; в третьем — фации размывов, пойменные, русловые и проточных водоемов.

Необходимо отметить, что в погребенных аллювиальных толщах нередко одна и та же часть разреза трактуется по-разному.

При определении понятия геохимических фаций и их классификации используются различные признаки — литолого-минералогические (Л. В. Пустовалов, 1947), тип реакций (К. Rankama, Th. Sahama, 1950), величина рН (Г. И. Теодорович, 1947), зонально-геохимические признаки процессов и их продуктов (К. И. Лукашев, 1958) и т. д.

На наш взгляд, разделение обстановок речного осадконакопления наиболее полно и естественно в классификациях фаций и типов аллювия, предложенных Е. В. Шанцером, А. А. Лазаренко и Ю. А. Лаврушиным, хотя мы не склонны к

слишком дробному делению фациальных сред. При оценке геохимических аспектов аллювиального литогенеза подход с позиций одного признака неприемлем в случае, если не исследуется лишь одна сторона процесса. Поэтому принцип, который кладется в основу классификации геохимических обстановок, должен, во-первых, учитывать как можно полнее весь комплекс геохимических процессов литогенеза, миграции элементов и формирования их типоморфных ассоциаций и соединений; во-вторых, геохимические обстановки должны согласовываться с геологическими фациями.

По данным комплексного изучения речных отложений нами сделана попытка классифицировать обстановку литогенеза на основе выделения литогеохимических фаций, под которыми понимаются осадки, отражающие в своем составе и свойствах особенности процессов и среды гипергенного литогенеза (вторичное минералообразование, миграция и накопление типоморфных элементов и т. д.). Выделенные литогеохимические фации находятся в определенных отношениях с аллювиальной (табл. 56).

Литогенная фация характеризуется накоплением обломочного, в основном песчаного материала; максимальными концентрациями Si, минимальными Al, Ca, Mg, K, Na и микроэлементов; слабощелочной — слабокислой средой. Фация соответствует русловым и прибрежно-пойменным обстановкам.

С собственно пойменными (прирусловой и центральной поймы) и старичными (затоны, временные протоки) отложениями связана сиаллитно-глинистая фация, выделяющаяся аккумуляцией преимущественно глинистого и илистого материала, повышенными содержаниями Al, активной миграцией основных компонентов, усилением коагуляции, сорбции, гидрогенного и биогенного накопления элементов, сопровождающихся вторичным минералообразованием окислов железа, карбонатов; среда преимущественно слабокислая.

В пойме в обстановке резких изменений окислительно-восстановительной среды и интенсивных геохимических реакций выделяются фации сиаллитно-ферритных и сиаллитно-карбонатных продуктов.

Биогенная фация связана с накоплением органического вещества, соединений Fe, Ca, K и микроэлементов, кислой средой, господством биогеохимических процессов миграции и концентрации элементов с формированием гипергенных окислов железа, вивианита, опала, карбонатов и различных органических соединений. Приурочена к собственно старичным и болотным условиям.

Как отмечалось, особенности миграции и концентрации элементов в различных фациальных условиях сказываются на их распределении. В ряду аллювиальных литогеохимических

Фациальные комплексы аллювиальных отложений (на примере речных осадков бассейна Припяти)

Литогеохимические фации и их характеристики					
фация	средний химический состав, %; микроэлементы, $n \cdot 10^{-3}\%$	минералы и соединения	pH	ведущие процессы литогенеза	Аллювиальные фации
Литогенная	SiO <sub>2</sub> 93,93*, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1,86, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,71, CaO 0,31, MgO 0,27, K <sub>2</sub> O 0,56, Na <sub>2</sub> O 0,22, Ni 0,2, Co 0,2, Cr 1,5, V 0,20, Cu 0,3, Mn 0,6, Ti 43	кварц, полевые шпаты, тяжелые минералы, глинистые минералы	8,5—7,5	механическое накопление грубообломочного материала	русловые: стрежневая, русловая отмель, прибрежная
	SiO <sub>2</sub> 93,64, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 2,68, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,60, CaO 0,68, K <sub>2</sub> O 0,59, Na <sub>2</sub> O 0,27, Ni 0,4, Co 0,3, Cr 3,4, Cu 0,7, V 1,0, Mn 0,6, Ti 71	кварц, полевые шпаты, тяжелые минералы, глинистые минералы, органическое вещество	7,0—5,0	механическое накопление грубообломочного материала, коагуляция коллоидов	пойменные: прирусловый вал
Сиаллитно-глинистая	SiO <sub>2</sub> 87,98, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 3,36, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1,32, CaO 0,55, MgO 0,59, K <sub>2</sub> O 0,92, Na <sub>2</sub> O 0,39, Ni 0,4, Co 0,16, Cr 2,7, V 0,6, Cu 0,6, Mn 0,7, Ti 50	глинистые минералы, кварц, полевые шпаты, органическое вещество плохо разложившееся	6,8—4,5	механическое накопление тонкообломочного материала, коагуляция коллоидов, гидрогенное и биогенное накопление вещества, сорбция	пойменные: приречной и внутренней поймы
	SiO <sub>2</sub> 80,20, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1,68, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 0,91, CaO 0,41, MgO 0,28, K <sub>2</sub> O 0,65, Na <sub>2</sub> O 0,20, Ni 1,3, Co 0,3, Cr 4,0, V 2,0, Cu 3,0, Mn 1,0, Ti 126	глинистые минералы, органическое вещество различной степени разложения, кварц, полевые шпаты, опал, гидроокислы железа	5,0—4,7	биогенное накопление, механическая аккумуляция тонкообломочного материала	старичные: затонов, временных протоков
Биогенная	SiO <sub>2</sub> 75, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 4,79, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 3,53, CaO 0,90, MgO 1,04, K <sub>2</sub> O 1,19, Na <sub>2</sub> O 0,53, Ni 0,3, Co 0,4, Cr 2,3, V 0,77, Cu 0,65, Mn 0,66, Ti 110	органическое вещество различной степени разложения, глинистые, минералы, карбонаты, гидроокислы железа	5,0—4,6	биогенное накопление, коагуляция коллоидов, сорбция, микробиологические процессы	старичные: собственно старичные
	SiO <sub>2</sub> 87,9, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1,36, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 1,43, MgO 0,18, K <sub>2</sub> O 0,27, Na <sub>2</sub> O 0,18, Ni 0,25, Co 2,3, Cr 3,1, V 2,5, Cu 0,1, Mn 1,2, Ti 130	органическое вещество различной степени разложения, опал, гидроокислы железа, вивинит, карбонаты	7,0—5,8	биогенное накопление, коагуляция, сорбция, микробиологические процессы	золотные: заболоченных старичных и вторичных водоемов пойм, заболоченных почв
Сиаллитно-ферритная	SiO <sub>2</sub> 60,96, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 31,93, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 5,28, CaO 0,19, MgO 0,62, K <sub>2</sub> O 0,35, Na <sub>2</sub> O 0,13, Ni 1,0, Co не обн., Cr 1,0, V 2,0, Cu 1,0, Mn 10, Ti 29	гематит, лимонит, железисто-глинистые и железисто-кремнистые конкреции, ортштейны и т. д.	6,0—4,6	коагуляция коллоидов, синерезис, химические реакции, педогенез	главным образом пойменная и реже русловая
Сиаллитно-карбонатная	SiO <sub>2</sub> 17,69, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 8,28, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 9,19, CaO 30,79, MgO 2,70, CO <sub>2</sub> 0,27, K <sub>2</sub> O 1,98, Na <sub>2</sub> O 0,36, Ni 1,5, Cr 5,0, Cu 2,5, Mn 80, Co, V и Ti не обн.	кальцит, доломит, сидерит, манганокальцит, глинисто-карбонатные стяжения	7,8—5,0	коагуляция коллоидов, синерезис, химические реакции	главным образом старичная и пойменная

\* Черным набраны типоморфные элементы, терригенные минералы и новообразования.

фаций литогенная — сиаллитно-глинистая — биогенная происходит закономерное уменьшение содержания Si и увеличение Al, Ca, Mg, K, Na, Ni, Cr, V, Cu, Ba, Ti и т. д. Геохимическая специфика среды проявляется в составе осадков даже одного литологического типа, формирующихся в различных фациальных обстановках.

Выделенные литогеохимические фации типичны для нормального типа равнинного аллювия голоцена и межледниковий. В перигляциальных аллювиальных толщах четвертичного периода господствуют литогенная и сиаллитно-глинистая литогеохимические фации, которые пространственно сопоставимы с аллювиальными фациями: русловой, размывов, пойм и проточных водоемов; сиаллитно-карбонатная наиболее характерна для озерно-аллювиальных (лессовых) образований. У дельтового аллювия олигоцена развиты продукты литогенной, сиаллитно-глинистой и биогенной фаций.

Отмеченные литогеохимические фации характерны, на наш взгляд, для равнинных рек не только умеренного пояса, но и других климатических зон. Однако в силу проявления зональности геохимических процессов выветривания и литогенеза развиваются продукты и других фаций: сиаллитно-хлоридно-сульфатной в зоне пустынь, сиаллитно-аллитной и аллитной во влажных субтропиках и тропиках.

### **Геохимические закономерности палеоген-четвертичного осадкообразования и литофациальные типы аллювиального литогенеза**

В истории развития аллювия третично-четвертичной толщи территории бассейна Днепра палеогеографический режим формирования осадков претерпевал значительные изменения и колебания, в основе которых лежат дельтовое и континентальное осадконакопление в условиях теплого климата в палеоген-неогене; похолодание климата и перестройка питающих провинций в конце плиоцена — начале антропогена; своеобразное развитие рельефа и сложного комплекса осадков на протяжении четвертичного периода, формировавшихся в условиях чередования ледниковых и межледниковых обстановок. Указанные изменения условий осадконакопления отражались на литогеохимических свойствах речных отложений.

Неогеновые осадки характеризуются в целом щелочной средой литогенеза и их продукты относятся к литогенному (преимущественно кварц), биогенному, сиаллитно-глинистому (с господством монтмориллонита) типам. Переходные неоген-нижнечетвертичные пестроцветные и красно-бурые образования глин отражают изменение палеогеохимической обстановки: колебание щелочных и кислых условий среды,

повышение карбонатности осадков и развитие сиаллитно-ферритных (закисных и окисных форм Fe и Mn), сиаллитно-глинистых (монтмориллонитовых с примесью гидрослюд) продуктов.

Изменение гидротермического режима с началом четвертичного оледенения привело к господству кислой среды литогенеза с формированием литогенных (кварц-полевошпатового типа, обломки гранита и т. д.), сиаллитно-глинистых (с преобладанием гидрослюд), сиаллитно-ферритных (окислы железа) и сиаллитно-карбонатных продуктов. Существенно изменились источники питания и сноса материала; господствующей питающей провинцией становится комплекс ледниковых аккумуляций, состоящий из продуктов выветривания дальнего (фенноскандинавского, новоземельного) и местного (девонские, меловые, юрские, палеогеновые и неогеновые отложения) привноса. Роль последнего с развитием ледниковой деятельности в течение четвертичного периода на территории бассейна постепенно уменьшалась. Изменения в составах ледниковых отложений сказывались на литогеохимических характеристиках речных осадков, особенно продуктах литогенной фации.

Межледниковые условия хотя и характеризовались потеплением климата, переменной водного режима, в целом мало изменяли среду литогенеза, за исключением периода климатического оптимума с развитым органическим веществом. Развитие последнего повышало миграционную способность элементов, вело к накоплению биогенных продуктов, не свойственных ледниковой и перигляциальной обстановкам.

Необходимо подчеркнуть, что четвертичный аллювиальный литогенез не может быть сведен только к механическому накоплению обломочного материала; он сопровождался химическими и физико-химическими процессами миграции и аккумуляции элементов, гипергенным минералообразованием, при этом химическая сторона литогенеза имела сложный, ритмический характер с ослаблением ее при наступлении ледников и усилением в периоды потеплений.

Все эти закономерности и особенности состава речных осадков и условий их формирования в палеогеохимическом аспекте позволяют выделить следующие литофациальные типы аллювиального литогенеза: перигляциальный, нормально-аллювиальный и дельтовый.

Перигляциальный литогенез происходил в перигляциальных условиях, за счет размыва и переотложения ледниковых осадков, в неглубоких долинах с сильно ветвящимися руслами рек, широкими поймами и озерными водоемами проточного типа, со слабой глубинной эрозией и развитием русловой, половодной фаций и фации проточных водоемов.

Процессы выветривания определялись дроблением материала при переносе и за счет периодических промерзаний грунтов. В силу малой мутности рек отложение глинистого материала незначительно. Продуктами литогенеза являются литогенные (в основном средне- и тонкопесчаный материал), сиаллитно-глинистые (тонкопесчаные и лессовидные осадки с преобладанием гидрослюд в ассоциации глинистых минералов); отсутствуют биогенные накопления. Дифференциация элементов вследствие близости осадков по литологическому признаку и фаціальным условиям накопления развита относительно нешироко. Продукты литогенеза выделяются пониженными концентрациями и малой вариацией содержаний микроэлементов. Хемогенные продукты в основном имеют рассеянный характер распространения; рН условия преимущественно слабощелочные и нейтральные.

Геохимическая специфика перигляциального литогенеза проявляется также в своеобразии состава осадков фации размыва, часто переходящих в гляциоаллювиальные накопления, обычно приуроченные к переуглубленным долинам ледникового выпаживания и размыва. Их литогенные продукты характеризуются большим разнообразием обломочного материала, сложенного изверженными, метаморфическими и осадочными породами, обуславливающими особенности их минералогического и химического состава.

По особенностям отложения материала, отражающимся на составе литогенных продуктов и распределении в них элементов, выделяются два подтипа литогенеза: зоны краевых морен и зоны полесий.

Нормально-аллювиальный литогенез свойствен теплым периодам межледниковий и голоцену. Широко развиты механические, химические, биогеохимические и педогеохимические процессы миграции и аккумуляции элементов. Литогеохимическими особенностями его являются большое разнообразие литологических спектров литогенных продуктов, биогенных аккумуляций, повышенная роль локальных накоплений сиаллитно-глинистых, сиаллитно-карбонатных (луговые мергели), сиаллитно-ферритных (болотные руды) продуктов. Обширна по масштабам и разновидностям дифференциация элементов в связи с развитием органического вещества. С данным литогенезом связано формирование нормального типа аллювия с проявлением русловой, пойменной и старичной фаций.

Усиливается роль глубинной эрозии и вовлечения в литогенез нового материала, в частности для голоцена это выражается в размыве дочетвертичных пород (третичные, меловые, девонские) и сносе с Украинского кристаллического массива (докембрийские породы).

Дельтовый литогенез. Известен на территории Поднепровья в олигоцене. Заключается в накоплении литогенных (песчаных), сиаалитно-глинистых и биогенных (гумусированные глины) продуктов в условиях болотно-мангровой придельтовой равнины с различной степенью осолонения речных вод; выделяется особенностями состава осадков. Так, поровые их растворы имеют повышенные содержания щелочей, хлора и высокие значения величин коэффициента щелочности и т. д.; вытяжки — пониженные концентрации Fe и Ca; осадки — уменьшенные величины соотношений Cr : Ni, Ti : Zr; pH условия слабощелочные и щелочные.

### Геохимические критерии палеогеографических и палеогеохимических условий аллювиального литогенеза

В предыдущих разделах и главах приведены примеры использования геохимических данных при выяснении возраста и условий формирования речных отложений. Суммируя сведения о геохимических индикаторах, которые могут быть использованы при решении палеогеохимических и палеогеографических вопросов аллювиального литогенеза применительно к условиям олигоцен-четвертичной толщи бассейна Днепра, выделяем следующие основные группы геохимических показателей.

К показателям возрастной принадлежности речных отложений относятся:

а) типоморфные минералы — преобладание в ассоциации глинистых минералов монтмориллонита — у неогеновых осадков, гидрослюд — у четвертичных; отсутствие полевых шпатов, биотита, обломков гранита — у палеоген-неогеновых отложений;

б) повышенная карбонатность и ожелезненность четвертичных пород по сравнению с третичными;

в) специфика статистических показателей распределения микроэлементов в осадках различного возраста в эволюционном ряду состава речных отложений на протяжении неоген-четвертичного времени;

г) преобладание слабощелочной обстановки в неогене и кислой — в четвертичном периоде.

Показатели типа аллювия и фациальных условий их формирования:

а) возрастание содержаний Si и уменьшение Al, Ca, Mg; уменьшение концентраций и степени вариаций содержаний микроэлементов при переходе от нормального к перигляциальному аллювию;

б) содержание углерода — наличие высоких концентраций рассеянного органического вещества и его аккумуляций в виде прослоев торфа, гиттии у нормального типа аллювия;

в) концентрации V и Mn в составе поглощенного комплекса: повышенные у осадков нормального аллювия и пониженные или их отсутствие у перигляциального;

г) закономерности уровней содержаний макро- и микроэлементов и их отношений ( $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O} : \text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO} : \text{MgO}$ ,  $\text{Fe}^{+2} : \text{Fe}^{+3}$  и др.); коллоидных форм Si, Al, Fe; состава вытяжек и поглощенного комплекса органического углерода; величины pH в фаціальном ряду речных отложений: русловые, пойменные, старичные, фации размыва, половодий и т. д.;

д) уровни концентраций и характер ассоциаций микроэлементов в новообразованиях аллювия — как показатели рудопроявлений и месторождений в бассейнах рек.

К палеогеографическим показателям среды литогенеза могут быть отнесены:

а) концентрации Na, Cl,  $\text{SO}_4$ , Ca, величины коэффициентов хлор-сульфатного, магниальности, карбонатности и щелочности в составе поровых растворов — при выделении дельтовых осолоненных и континентальных пресноводных условий;

б) закономерности широтной дифференциации химических элементов — при установлении приледниковых зон и зон лесей;

в) кларки химических элементов в фаціальных рядах осадков — для суждения о пространственных особенностях речных отложений, геохимической и геологической специфике бассейнов сноса;

г) особенности распределения микроэлементов в терригенных минералах и новообразованиях — как показатели состава питающих провинций и путей сноса речного материала;

д) особенности состава базальных горизонтов и гляциоаллювия — как показатели условий формирования речных долин и древних ложбин ледникового размыва и выпахивания, а также состава пород и геологического строения погребенных бассейнов.

Необходимо подчеркнуть, что цифровые значения многих показателей имеют местный характер применения; в то же время отмеченные закономерности в их изменениях могут быть широко использованы при изучении аллювия других бассейнов, особенно равнинных рек областей гумидного климата и зон континентального оледенения. Разработка местных и региональных критериев приобретает в настоящее время особое значение в связи с Международной программой геологических корреляций.

## Специфика литогеохимического состава продуктов аллювиального литогенеза

Особенности проявления геологических и геохимических процессов и условий среды, сопровождающих накопление речных осадков, их диагенетические и эпигенетические преобразования обуславливают некоторую специфику состава продуктов аллювиального литогенеза. При сравнении составов различных генетических типов гипергенных образований она выступает более ярко по отношению к морским и моренным отложениям. По отношению к другим осадкам (флювиогляциальным, озерным и т. д.) она незначительна и на первый план здесь выступает сходство их составов.

Средняя величина  $Md$  аллювиальных осадков несколько меньше флювиогляциальных; аллювиально-дельтовых сходна с величиной  $Md$  морских. По  $S_0$  речные отложения стоят между эоловыми, с одной стороны, и остальными генетическими типами, с другой. Особенность спектра аллювиальных отложений — минимальные содержания фракции  $<0,01$  мм, исключая эоловые (табл. 57).

Близкие данные получены для территории республики и другими исследователями. Так, С. Г. Дромашко, К. И. Лукашев, В. М. Сологуб (1966) выделяют аллювиальные отложения из других типов покровных пород Полесья по минимальным содержаниям фракций более 1 мм и 1—0,5 мм (соответственно 0,71 и 2,34% против 1,63—5,07 и 4,04—6,78% в других типах) и максимальным 0,1—0,075 мм (38,14 против 12,11—26,02%). Отмечается сходство речных песков с флювиогляциальными, в то же время вторые несколько крупнее из-за преобладания фракции 0,1—0,075 мм. Речные осадки отличаются от других генетических типов также минимальными выходами тяжелых минералов во фракциях 0,25—0,1 и 0,1—0,075 мм.

Исследования Э. А. Левкова (1962) показали, что в гранулометрическом спектре песков удельное содержание основной фракции 0,025—0,1 мм возрастает от зандровых к аллювиальным и далее к эоловым отложениям. Величина наиболее часто встречаемого  $Md$  у речных песков (0,28 мм) занимает промежуточное положение между зандровыми и эоловыми, а  $S_0$  падает в ряду зандровые — аллювиальные — эоловые — озерно-ледниковые пески. Указанное свидетельствует не только о некоторой специфике механического состава речных осадков, но и том, что процессы переотложения зандровых песков реками сопровождаются увеличением степени однородности осадка и уменьшением размера частиц, что также отмечалось нами для Припятского Полесья.

По Г. И. Горецкому (1970), аллювиальные пески Верхнего Днепра отличаются от флювиогляциальных несколько повы-

Таблица 57

Средний гранулометрический состав осадков третично-четвертичной толщи долины Днепра, %

Генетический тип	Кол-во проб	Фракция, мм								Md, мм	S <sub>0</sub>	S <sub>K</sub>
		>3	3-2	2-1	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,01	<0,01			
Моренный	173	2,58	1,04	2,07	5,71	10,73	22,71	28,75	26,45	0,13	2,79	0,69
Флювиогляциальный	249	3,52	1,30	2,90	10,48	21,76	36,46	15,73	7,50	0,23	1,81	0,80
Озерно-ледниковый	40	0,11	0,42	0,07	0,45	2,19	6,76	47,05	42,95	0,05	2,07	0,64
Озерно-аллювиальный	58	0,27	0,12	0,51	1,19	3,50	11,17	50,26	33,10	0,13	1,85	0,89
Аллювиальный	233	1,44	0,94	0,5	6,25	15,33	24,90	44,63	5,54	0,15	1,71	0,98
Аллювиально-дельтовый	16	0,03	0,06	0,69	7,27	18,42	52,43	18,15	2,95	0,18	1,62	0,94
Озерный	17	0,11	0,05	0,57	1,74	10,12	30,61	35,53	21,15	0,14	2,13	0,79
Озерно-болотный	9	—	—	0,09	0,66	1,66	8,28	39,88	49,43	—	—	—
Эоловый	15	—	0,10	0,30	2,44	33,74	57,62	5,06	0,96	0,23	1,44	0,94
Морской	21	0,05	0,05	0,42	4,28	12,49	30,34	32,98	19,43	0,18	1,95	0,75

шенными содержаниями песчаных фракций, а озерно-аллювиальные — преобладанием фракции 0,25—0,1 мм (60,3—79,3% против 21,7—28,3%) и повышенной глинистостью.

По данным Г. И. Сачка (1970), глины территории БССР по величине  $Md$  можно выделить в ряд: озерно-ледниковые (0,006) — моренные (0,009) — озерно-аллювиальные (0,013) — аллювиальные (0,016) — лессы (0,018); по  $S_0$ : моренные (5,7) — озерно-аллювиальные (4,2) — озерно-ледниковые (4,0) — аллювиальные (3,3) — лессы (2,5). Особенностью гранулометрического спектра аллювиальных и озерно-аллювиальных глин является пониженное содержание фракций менее 0,01; 0,01—0,005, менее 0,005 мм и повышенное — 0,05—0,25 мм.

Распределение минералов в речных осадках также имеет ряд особенностей (табл. 58). Так, в песках фракции 0,25—0,1 мм близкие содержания имеют кварц (80,3—89,7%), полевые шпаты (7,2—8,7, исключая озерно-ледниковые отложения — 15,5%) и мусковит (0,2—0,6%). Содержание глауконита в ряду моренные — флювиогляциальные — аллювиальные осадки соответственно составляет 0,8; 0,7 и 0,3%. Максимальные концентрации кальцита связаны с озерно-ледниковыми (3,6%) и озерно-аллювиальными (2,9), а минимальные — с аллювиальными (0,6) осадками. Для фракции 0,1—0,01 мм отмечается некоторое увеличение содержания кварца от ледниковых (70,1%) к аллювиальным (80,3%) отложениям и соответственное уменьшение полевых шпатов (11,6 и 10,6), глауконита (1,3 и 0,6) и кальцита (13,3 и 4,9%).

В супесях различия в содержании породообразующих минералов выражены резче. Во фракции 0,25—0,1 мм озерно-аллювиальных и аллювиальных осадков максимальные концентрации кварца (89,4 и 89,7%) и минимальные — полевых шпатов (6,5 и 6,9), мусковита (0,2 и 0,4) и глауконита (0,2%). Содержание карбонатов также оказывается максимальным для озерно-ледниковых (5,0%) и озерно-аллювиальных (3,5) и минимальным для флювиогляциальных (1,2) отложений. Во фракции 0,1—0,01 мм повышенным содержанием кальцита (11,6%) выделяются моренные аккумуляции.

Распределение тяжелых минералов имеет более сложный характер. Во фракции 0,25—0,1 мм песков в ряду отложений ледниковые — флювиогляциальные — аллювиальные наблюдается некоторое уменьшение содержания амфиболов, пироксенов и увеличение ильменита и лейкоксена. Максимальное содержание граната связано с речными осадками (25,5), минимальное — с озерно-ледниковыми (7,2%). Во фракции 0,1—0,01 мм в указанном ряду наиболее четко выделяется гранат (соответственно 8,0; 9,2 и 12,2%) и менее четко рутил (2,6; 2,1 и 1,9%).

Сравнительная минералогическая характеристика четвертичных

Минералы, коэффициенты	Пе							
	моренный		флювиогля- циальный		аллювиальный		озерно-аллю- виальный	
	43а*	5б	106а	23б	103а	64б	2а	1б
Кварц	88,9	70,1	89,7	80,1	89,6	80,3	88,9	67,5
Полевые шпаты	7,8	11,6	8,7	14,0	7,6	10,6	7,2	17,5
Мусковит	0,4	1,0	0,5	0,7	0,6	1,7	0,2	—
Глауконит	0,8	1,3	0,7	0,9	0,3	0,6	0,4	—
Кальцит	1,0	13,3	1,0	1,5	0,6	4,9	2,9	15,0
Турмалин	1,9	1,5	3,1	1,9	2,3	1,6	1,9	ед. з.
Рутил	0,7	2,6	0,7	2,1	0,5	1,9	0,6	—
Эпидот	4,4	7,3	5,1	7,4	4,6	7,0	3,9	ед. з.
Гранаты	21,0	8,0	16,7	9,2	25,3	12,2	20,4	«
Амфиболы	27,5	22,0	23,8	14,6	25,0	27,4	35,7	—
Дистен	0,7	0,5	1,3	0,9	0,7	0,6	0,2	—
Циркон	2,2	8,1	2,3	5,4	2,2	8,4	0,9	ед. з.
Силлиманит	0,4	—	1,0	—	0,6	0,1	0,1	—
Ставролит	3,9	0,1	4,6	2,3	3,9	1,6	5,3	ед. з.
Пироксены	2,4	0,8	1,5	1,4	1,3	1,4	2,6	«
Бiotит	—	—	—	—	—	—	1,0	«
Апатит	—	—	—	—	—	—	0,7	—
Фосфаты	5,3	1,8	3,6	1,3	2,3	1,0	2,3	ед. з.
Ильменит	13,7	20,0	16,7	33,3	14,0	18,3	17,7	«
Лейкоксен	4,6	3,3	5,8	5,0	5,2	3,8	2,5	«
Гидроокислы железа	2,4	—	1,9	7,0	1,6	4,3	2,0	«
Коэффициенты:**								
кварц-полево- шпатовый	11,4	6,0	10,3	5,7	11,8	7,6	12,4	3,9
устойчивости	0,5	0,9	0,7	1,5	0,5	0,7	0,5	—
влияния мест- ных пород	9,7	50,0	5,9	7,4	9,7	17,2	10,0	—

\* Цифра—количество проб, а—фракция 0,25—0,1 и б—0,1—0,01 мм.

\*\* Кварц-полевошпатовый—отношение содержаний кварца к полевым шпатам (циркон, турмалин, силлиманит, ставролит, ильменит и лейкоксен) к неустойчивому отношению суммарных содержаний амфиболов и гранатов к ставролиту и

Во фракции 0,25—0,1 мм супесей отмечаются те же закономерности в распределении амфиболов, пироксенов, лейкоксена, что и песков. Во фракции 0,1—0,01 мм постепенное уменьшение характерно лишь для амфиболов (24,2; 17,2 и 14,4%).

Для выяснения особенностей распространения минеральных ассоциаций в осадках разного генезиса рассчитан ряд коэффициентов. Величина кварц-полевошпатового коэффициен-

## отложений Белорусского Поднепровья, %

сок		Супесь								
озерно-ледниковый	моренная		флювиогляциальная		аллювиальная		озерно-аллювиальная		озерно-ледниковая	
	2а	210а	1226	25а	76	18а	56	11а		116
82,1	85,2	67,2	84,4	85,0	89,7	79,5	89,4	80,0	78,7	
15,5	9,8	13,4	9,3	9,4	6,9	11,9	6,5	10,0	15,0	
0,4	0,5	1,1	0,5	0,8	0,4	1,2	0,2	—	0,8	
0,4	1,9	4,3	1,5	0,5	0,2	0,6	0,2	—	—	
3,0	1,5	11,6	1,2	2,5	2,1	5,1	3,5	10,0	5,0	
2,2	1,8	1,5	2,9	2,2	2,9	2,7	1,2	ед. з.	1,4	
0,3	0,7	2,5	0,6	2,7	0,6	3,3	0,4	«	0,1	
5,4	3,4	7,4	5,4	5,7	5,0	6,5	5,8	—	2,9	
7,2	15,7	9,2	16,4	6,5	22,2	10,4	10,2	ед. з.	5,4	
28,7	27,5	24,2	26,6	17,2	25,9	14,4	33,6	«	28,4	
0,1	0,6	0,6	0,8	1,4	1,3	1,2	0,2	—	—	
2,1	1,7	8,2	1,9	9,2	1,3	8,1	2,8	ед. з.	1,6	
—	0,6	0,2	0,4	0,3	1,1	0,2	—	—	0,2	
2,3	2,8	1,4	4,5	3,0	4,2	2,8	1,4	—	0,5	
1,7	1,8	1,1	1,6	1,3	1,4	2,0	2,4	—	0,4	
1,6	3,2	0,8	2,8	1,0	2,4	0,9	3,0	—	19,4	
0,4	1,3	2,1	—	2,1	1,3	1,6	2,2	ед. з.	1,3	
2,8	6,5	1,7	6,4	1,0	3,9	2,8	10,0	«	6,8	
12,1	13,9	20,8	9,5	26,8	13,6	14,5	11,0	«	11,3	
2,4	4,3	3,5	5,8	6,2	7,2	4,6	1,2	«	1,4	
2,0	3,8	2,7	1,6	1,4	1,2	5,2	1,4	—	0,2	
5,3	8,6	5,0	9,1	9,0	13,0	6,7	13,8	8,0	5,2	
0,4	0,5	0,9	0,5	1,6	0,6	1,0	0,3	—	0,4	
8,9	10,8	15,2	7,5	5,0	7,3	5,9	27,4	—	30,7	

там; устойчивости—отношение суммарных содержаний устойчивых минералов чивым (эпидот, гранаты, амфиболы и пироксены); влияния местных пород—силлиманиту.

та у песков для фракции 0,25—0,1 мм имеет близкие значения (10,3—12,3%), исключая озерно-ледниковые осадки (5,3); для фракции 0,1—0,01 мм они также близки (5,7—7,6), за исключением озерно-аллювиальных отложений, имеющих минимальную величину (3,9%). У супесей для фракции 0,25—0,1 мм характерно закономерное увеличение кварц-полевошпатового коэффициента в ряду озерно-ледниковые—моренные—флювиогляциальные—аллювиальные—озерно-аллювиальные осад-

ки. Эта закономерность для фракции 0,1—0,01 мм нарушена максимальными значениями у флювиогляциальных стложений — 9,1%. Величина значений коэффициента устойчивости при переходе от ледниковых к флювиогляциальным и речным отложениям для фракции 0,25—0,1 мм песков и фракции 0,1—0,01 мм супесей возрастает; для озерно-ледниковых и озерно-аллювиальных осадков она минимальна. Величина показателя влияния местных пород для рассматриваемых фракций супесей у аллювиальных отложений резко уменьшается по сравнению с моренными и близка у флювиогляциальных, что связано с падением концентрации неустойчивых амфиболов и увеличением устойчивых метаморфических минералов в процессе их переноса водными потоками при размыве ледниковых отложений.

По данным З. А. Горелика и др. (1961), аллювиальные пески центральной и южной провинций, к которым приурочена рассматриваемая территория, отличаются от флювиогляциальных повышенными верхними пределами содержания ильменита (для аллювиальных песков 0,60 и флювиогляциальных 0,31%), циркона (0,28 и 0,09) и пониженными — глауконита. По содержанию полевых шпатов они (4,4—15,9%) мало отличаются от песков конечноморенных (2,4—12,0) и эоловых (2,4—11,5%).

Таким образом, различные генетические типы осадков имеют свои особенности распределения минералов, которые должны приниматься во внимание при изучении пород спорного генезиса и исследовании процессов литогенеза.

Сравнение химического состава аллювиальных и других генетических типов осадков Полесья (В. А. Кузнецов, 1965 б; «Геохимическая характеристика литогенеза...», 1966) показало, что первые характеризуются максимальными концентрациями Si и минимальными Al, K, Na, Mg, Ca и микроэлементов Ti, Mn, V, Ba. Выявлено, что различия между аллювием и другими осадками этой территории по отдельным статистическим показателям неодинаковы. Так, в содержании  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  аллювиальные и флювиогляциальные отложения, не различимые между собой, существенно отличаются от эоловых, моренных и озерных отложений по критерию  $t$  и средним квадратичным отклонениям. По критерию  $t$  для  $\text{Al}_2\text{O}_3$  к аллювиальным и флювиогляциальным осадкам близки озерно-болотные отложения, также не имеющие существенных различий между собой по критерию  $F$ . Эти осадки отличаются по последнему показателю от моренных и эоловых аккумуляций. Для  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  аллювиальные и флювиогляциальные осадки существенно отличаются по критерию  $F$  от остальных генетических типов.

В содержании щелочноземельных элементов отмечаются достоверные отличия аллювиальных отложений от других

генетических типов по критерию  $F$  при уровне значимости  $p=0,05$ , за исключением пары аллювиальные — озерно-болотные осадки по  $MgO$ . По коэффициенту вариации содержаний  $CaO$  аллювиальные осадки выделяются максимальными величинами (178).

Для  $K_2O$  по критерию  $t$  существенно отличаются речные отложения только от моренных. В то же время аллювиальные и эоловые осадки отличаются от других максимальными значениями коэффициента вариации (соответственно 0,43 и 0,33). По критерию  $F$  отмечается сходная картина для  $Na_2O$  и для  $Si$ ,  $Al$  и  $Fe$ . По этому критерию аллювиальные и флювиогляциальные отложения резко отличны от других типов.

В распределении микроэлементов прослеживаются в целом те же закономерности. В то же время имеются существенные различия между аллювиальными и другими осадками по критерию  $t$  для  $Cr$  и  $V$ ; между аллювиальными и флювиогляциальными — для  $Ba$ . Речные отложения выделяются на фоне других типов двухмодульным характером кривых распределения содержаний ванадия.

Среди генетических типов четвертичных отложений Белоруссии речные осадки выделяются минимальными гамма-активностями (в среднем 29 *имп/мин* против 37—71 в других типах пород) и содержаниями урана ( $0,92 \cdot 10^{-4}$  против  $(0,97—1,7) \cdot 10^{-4}$  %), что связано с пониженными содержаниями фракции менее 0,01 *мм*, а также минимальными концентрациями калия, являющегося одним из главных гамма-излучателей в осадках территории республики («Геохимические провинции...», 1969).

Анализируя вариационные кривые распределения содержаний микроэлементов в гранулометрическом спектре покровных пород Полесья, приведенные в работе В. К. Лукашева (1970, стр. 178), можно указать на некоторые особенности распространения элементов в аллювиальных отложениях. Нами выделяются три группы элементов: а)  $Ba$  и  $Ni$  — кривые для всех пород одинаковые; в области наиболее распространенных концентраций (0,05—0,1% для  $Ba$  и 0,0005—0,005% для  $Ni$ ) частота элементов по величине пика у речных осадков уступает лишь моренным и флювиогляциальным; б)  $Mn$ ,  $Cr$  — пики их наиболее распространенных концентраций смещаются у аллювиальных осадков по отношению к моренным и флювиогляциальным в область более низких концентраций (0,005—0,01% —  $Mn$ , 0,0005—0,001 —  $Cr$  и 0,0005% —  $V$ , т. е. соответственно на 1,2 и 1 порядок ниже, чем у ледниковых отложений), но при этом для хрома и ванадия в области концентраций, совпадающих с максимальными частотами ледниковых отложений, выраженность пиков у аллювия менее четкая, чем у моренных; в)  $Cu$  — частота в области наиболее рас-

Средний химический состав (макрокомпоненты — %, микроэлементы —  $n \cdot 10^{-3}$  %) и значения геохимических коэффициентов четвертичных отложений территории Белоруссии

Генетический тип	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Ti	Mn	Cr	Ni	V	Cu	Zr
Моренный	79,90 (1,1)*	2,35 (0,5)	7,10 (0,5)	2,67 (0,2)	1,29 (0,3)	0,81 (0,7)	2,12 (0,5)	113 (0,6)	16,0 (0,7)	3,3 (1,6)	1,2 (1,7)	3,3 (1,0)	0,6 (4,0)	15 (0,8)
Озерно-ледниковый	61,67 (1,4)	5,06 (0,2)	14,56 (0,2)	6,0 (0,1)	2,40 (0,1)	—	—	—	24,0 (0,5)	3,3 (1,6)	3,5 (0,6)	3,5 (1,0)	3,5 (0,7)	35 (0,3)
Флювиогляциальный	90,47 (1,0)	1,06 (1,2)	4,08 (0,8)	0,65 (0,9)	—	0,45 (1,2)	1,16 (0,9)	120 (0,5)	10,5 (1,1)	3,0 (1,8)	—	7,0 (0,5)	—	—
Лессовый	80,90 (1,1)	2,30 (0,6)	8,30 (0,4)	1,80 (0,3)	0,93 (0,4)	1,10 (0,5)	2,20 (0,5)	240 (0,3)	23,0 (0,5)	3,0 (1,8)	0,5 (4,2)	—	0,2 (12)	2,9 (4,1)
Озерно-аллювиальный	72,90 (1,2)	3,40 (0,4)	10,40 (0,3)	2,76 (0,2)	1,49 (0,2)	0,60 (0,9)	1,90 (0,5)	330 (0,1)	14,0 (0,8)	4,3 (1,3)	—	6,0 (0,6)	—	23,0 (0,5)
Аллювиальный	89,27	1,29	3,25	0,56	0,36	0,56	1,05	63,7	11,5	5,4	2,1	3,4	2,4	12,0
Золовый	95,50 (0,9)	0,39 (3,3)	2,19 (1,5)	0,39 (1,4)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Озерный	27,44 (3,2)	2,71 (0,5)	2,87 (1,1)	12,01 (0,1)	0,88 (0,4)	0,34 (1,6)	0,78 (1,3)	—	—	—	—	—	—	—

Генетический тип	SiO <sub>2</sub> : Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : SiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O : K <sub>2</sub> O	CaO : MgO	ba
Моренный	7,8 (3,1)	0,09 (0,3)	0,38 (1,4)	1,91 (0,8)	0,81 (0,8)
Озерно-ледниковый	4,6 (5,3)	0,24 (0,1)	—	2,50 (0,6)	—
Флювиогляциальный	37,9 (0,6)	0,04 (0,7)	0,50 (1,0)	—	0,52 (1,3)
Лессовый	9,7 (2,5)	0,10 (0,3)	0,49 (1,1)	1,90 (0,8)	0,61 (1,1)
Озерно-аллювиальный	7,0 (3,5)	0,14 (0,2)	0,31 (1,7)	1,85 (0,8)	0,50 (1,3)
Аллювиальный	24,4	0,03	0,52	1,55	0,67
Золовый	43,6 (0,5)	0,02 (1,5)	—	—	—
Озерный	8,1 (3,0)	0,12 (0,2)	0,49 (1,1)	14,90 (0,1)	4,08 (0,2)

\* В скобках — степень концентрации, т. е. отношение содержания элемента в речных отложениях к содержанию элемента в других генетических типах пород.

Статистические показатели распределения содержания главных химических компонентов в четвертичных глинах БССР (по В. К. Лукашеву, 1969)

Генетический тип	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	п. п. п.
<i>Среднее арифметическое (<math>\bar{x}</math>)</i>							
Моренный	62,55	13,08	5,49	6,01	2,33	0,21	8,47
Аллювиальный	67,40	12,64	4,82	4,39	1,70	0,26	6,73
Озерно-ледниковый	56,78	14,68	6,08	7,14	2,91	0,28	9,39
<i>Среднее квадратичное отклонение (<math>\sigma</math>)</i>							
Моренный	8,92	3,57	1,34	3,90	1,09	0,22	3,59
Аллювиальный	11,10	3,48	1,87	4,24	1,12	0,29	4,15
Озерно-ледниковый	8,30	4,37	2,00	3,84	1,10	0,24	3,84
<i>Коэффициент вариации (<math>v</math>)</i>							
Моренный	14,26	27,29	24,41	64,89	46,79	104,8	42,38
Аллювиальный	16,47	27,53	38,80	96,58	65,88	111,5	61,66
Озерно-ледниковый	14,62	29,77	32,89	53,78	37,80	85,71	36,06
<i>Значение <math>t</math> сравнения пар отложений (при <math>p = 0,01</math>)</i>							
Моренный—озерно-ледниковый	5,20	3,20	2,81	2,22	4,14	1,75	1,96
Аллювиальный—озерно-ледниковый	9,57	4,08	5,72	5,97	9,31	0,40	5,91
Моренный—аллювиальный	3,85	0,96	3,35	3,06	4,50	4,50	3,48

пространенных концентраций (0,0005—0,001%) у аллювиальных отложений превышает все другие типы осадков.

Таким образом, продукты аллювиального литогенеза существенно отличаются от продуктов других генетических типов по химическому составу (за исключением флювиогляциальных). Несмотря на большое сходство речных и флювиогляциальных осадков, между ними имеются существенные различия в содержании V, Ba и Sr.

Близкие отличия состава аллювиальных отложений от других четвертичных образований в целом характерны для территории Белоруссии (табл. 59). В ряду озерно-ледниковые — озерно-аллювиальные — моренные — лессовые — флювиогляциальные — аллювиальные — эоловые осадки закономерно увеличение содержания кремния и уменьшение — алюминия, железа и щелочноземельных элементов. Калия и титана в речных отложениях содержится наименьшее количество. Аллювиальные и флювиогляциальные отложения выделяются высокими величинами кремнистого ( $K_i$ ), минималь-

ными — карбонатного модуля ( $\text{Ca} : \text{Mg}$ ) и пониженными — коэффициента *ba*.

Специфика аллювиального литогенеза также выявляется при сравнении составов глин разного генезиса (табл. 60). Аллювиальные глины выделяются максимальным средним содержанием кремнезема и минимальным — остальных компонентов, повышенными величинами средних квадратичных отклонений для кремнезема и окисла кальция, максимальной вариацией содержания элементов (кроме глинозема).

Сходные особенности состава речных осадков вытекают из рассмотрения данных анализа глин, полученных для БССР Г. И. Сачком (1970). По средним квадратичным отклонениям аллювиальные и озерно-аллювиальные осадки выделяются пониженными величинами  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}$ . Эти отложения занимают следующее место в ряду, характеризующем возрастание концентраций  $\text{SiO}_2$  и уменьшение концентраций  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ : озерно-ледниковые — моренные — аллювиальные — озерно-аллювиальные — лессовые.

Выясняются особенности распределения элементов в новообразованиях, связанных с аллювиальным литогенезом. В частности, речные железистые конкреции (табл. 62) имеют повышенные концентрации алюминия и пониженные — железа и марганца (исключая почвенные ортзанды). По содержанию фосфора они уступают подобным образованиям других осадков, связанным со значительным накоплением органического вещества (болотные, торфяные почвы и др.). Морские конкреции отличаются от пресноводных повышенными концентрациями  $\text{Ca}$  и  $\text{Mg}$ , что надо учитывать при уточнении дельтовых и континентальных условий формирования аллювия.

Что касается микроэлементов, то аллювиальные новообразования соединений железа имеют, как правило, пониженные их концентрации (исключая  $\text{Cr}$ ). Они резко отличаются от морских минимальными концентрациями  $\text{Ni}$ ,  $\text{Co}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Zn}$  и  $\text{Mo}$ ; их отличие от озерных и болотных незначительно. Как отмечалось еще А. Д. Архангельским и Е. В. Копченовой (1934), с кислородным режимом формирования морских, болотных и озерных железных руд связаны высокие (от 0, *n* до *n* %) содержания в них  $\text{Mn}$ ,  $\text{P}$ , повышенные —  $\text{Ti}$  (0,0 *n* — 0, *n* %),  $\text{V}$  и  $\text{As}$  (0,0 *n* %),  $\text{Cr}$  (0,0 *n* — 0,00 *n* %) и постоянное присутствие  $\text{Ni}$ ,  $\text{Co}$ ,  $\text{Cu}$ , в то время как руды, формирующиеся в бескислородных условиях, содержат меньше  $\text{Mn}$ ,  $\text{P}$ , следы или в большинстве случаев не содержат  $\text{V}$ ,  $\text{As}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Co}$  и  $\text{Cu}$ .

В карбонатных новообразованиях аллювиального генезиса (табл. 63) отмечаются повышенные концентрации  $\text{Si}$ ,  $\text{Al}$  (исключая озерно-ледниковые отложения),  $\text{Fe}$  и пониженные

Таблица 61

## Среднее содержание элементов в глинах различного генезиса, %

Генетический тип, территория	Возраст	Кол-во проб	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	п. п. п.	Автор
Аллювиальный, БССР	Q	173	72,10	4,48	11,54	2,44	1,38	—	—	—	Г. И. Сачок, 1970
Озерно-аллювиальный, БССР	»	435	72,38	4,04	11,52	2,96	1,34	—	—	—	»
Лессовый (озерно-аллювиальные), БССР	»	343	77,30	3,17	9,98	2,35	1,14	—	—	—	»
Озерно-ледниковый, БССР	»	435	57,15	5,67	14,52	6,87	2,79	—	—	—	»
Моренный, БССР	»	517	66,79	4,62	12,02	5,70	2,22	—	—	—	»
Аллювиальный, УССР	T	12	41,73	—	41,73	—	сл	—	—	15,93	По Л. И. Карякину, 1958
Аллювиально-дельтовый, США	Q	235	69,69	3,47	10,52	2,17	1,41	2,30	1,51	3,78	S. W. Show, G. Steiger, 1914
Египет	»	»	45,10	13,25	19,95	4,85	2,64	1,95	0,85	6,70	F. W. Clarke, 1924
Озерный, США	»	2	33,20	5,45	4,15	1,25	0,46	—	—	52,50	По F. M. Swain, 1965
Моренный, Дания	»	2	53,95	5,05	10,06	13,50	2,85	0,90	1,10	2,2	По Hansen Sigurd, 1965
Озерно-ледниковый, Дания	»	1	55,9	6,2	10,7	10,3	0,7	1,4	2,4	4,7	»
Глины, Финляндия	»	»	58,67	5,42	16,60	2,17	2,81	3,27	2,65	—	J. J. Donner, 1965
Русская платформа	»	»	59,65	5,97	13,54	4,93	3,07	3,15	0,74	4,31	А. П. Виноградов, А. Б. Ронов, 1956
Континентальные	Cr	5	47,45	7,48	26,59	0,78	2,06	5,42	0,51	7,71	По И. Д. Зхусу, Г. Г. Ильинской, 1958

Содержание элементов (%) и микроэлементов ( $n \cdot 10^{-3}\%$ )

Генетический тип, территория	Характер образований	Кол-во проб	Al	Fe	Mn
Аллювиальный	конкреции	20	0,05—2,96	2,68—15,92	0,19—2,60
		БССР	1,43	8,54	0,61
СССР, США, Германия, Франция	конкреции, бобово-конгломератовые руды и т. п.	62	0,05—9,00	2,68—37,65	0—26,54
		1,99	20,84	1,16	
Озерный	конкреции	153	нет или очень мало	6,3—54,33	0,001—31,0
Моренный	»	2	0,56—1,78	18,40—25,96	4,20
		1,17	22,18	2,59	
Болотный	»	16	нет или очень мало	14,85—46,5	сл.—2,39
		37,7	0,84		
Морской	конкреции шельфовые	40	»	5,2—31,7	0,03—28,0
		17,0	12,5		
»	абиссальные	41	»	4,1—28,5	4,2—35,6
		15,1	19,1		
Почвенный	ортзанды лесной зоны умеренного пояса	32	»	0,54—3,87	0,05—0,42
		1,84	0,11		
	орштейны, там же	58	»	3,4—26,3	0,23—13,1
		10,0	3,8		
конкреции почв гумидной и семигумидной зон	89	0—20,2	3,4—62,0	сл.—13,1	
	—	—	—		
конкреции торфяников	»	19	нет или очень мало	17,5—45,2	сл.—1,94
		23,4	0,49		

Генетический тип, территория	Характер образований	Cr	Ni	Co	V
Аллювиальный	конкреции	1—10	не обн.—3	не обн.—2,5	не обн.—3,5
		БССР	3,2	1,4	1,5
Швеция	конкреции	2—3	<1—10	3—60	3—10
Аллювиально-дельтовый Керчь	железные руды	170	8	19	80
Люксембург	»	—	5,9—110	—	59—79

Таблица 62

в железистых и железомарганцевых образованиях различного генезиса

Ca	Mg	S	P	Автор
—	—	0—0,04	0,09—0,69	В. А. Кузнецов
—	—	0,03	0,26	
0—14,46	0—1,27	0—0,08	0—1,59	В. А. Кузнецов по данным табл. 55
1,09	0,15	0,02	0,28	
0,07—2,2	сл.—0,50	0—0,28	сл.—1,66	по данным А. В. Македонова, 1966
1,00	0,23	0,06	0,40	
0,35—0,64	—	—	—	»
0,49	—	—	—	
сл.—1,53	сл.—0,24	0,004—0,06	0,25—3,18	»
0,71	0,05	0,02	1,57	
0,2—4,8	0,04—2,2	0—0,2	0,2—3,0	»
1,9	1,1	0,03	1,04	
0,32—4,62	0,04—1,44	0—0,30	сл.—1,79	»
1,73	0,63	0,18	0,10	
0,007—0,9	0,003—0,65	0,01—0,02	0,016—0,33	»
0,49	0,23	0,01	0,15	
0,01—1,3	0,23—1,88	0,17—0,2	0,1—0,4	»
0,5	0,55	0,19	0,2	
сл.—3,1	сл.—2,3	сл.—0,02	0,01—0,5	»
—	—	—	—	
0,1—5,68	сл.—0,06	сл.	0,008—1,2	»
1,70	—	—	0,41	

Cu	Zn	Zr	Ti	Mo	Ba	Автор
1—20	не обн.—30	3,20	—	—	10—250	В. А. Кузнецов
2,4	6,4	12,8	—	—	30,4	
—	—	—	—	—	<3—3	Е. Gorham, D. J. Swain, 1965
—	—	—	—	—	—	
2	—	—	160	—	—	А. Д. Архангельский, Е. В. Копченко, 1934
—	—	—	—	—	—	
4—6,8	10—23,9	—	99—126	—	—	М. Lucius, 1945

Генетический тип, территория	Характер образований	Cr	Ni	Co	V
Озерный Карелия и Московская обл.	железные руды	10	—	—	30
Англия	конкреции	0,4—6	1—4	2—6	0,2—10
Швеция	»	<2—3	<1—5	<1—5	3—10
Финляндия	»	<1	<1—10	6—30	<1
Болотный Швеция	железные руды	1,0 1,0	1—10 4	6—30 8	1,0 1,0
Морской					
Тихий океан	конкреции	1—7	36—1540	60—1520	—
Океаны	»	—	670	310	—
Балтийское море	»	<0,5	29—1600	7—2000	27—85
Гипергенные железомарганцовистые новообразования четвертичных отложений, СССР		<0,5	3—10	2—6	0,3—1
		5	3	1	10

Ca, Mg. Содержание микроэлементов в них в среднем для бассейна Припяти (В. А. Кузнецов, 1965 б) составляет ( $n \cdot 10^{-3}\%$ ): Mn—80, Cr—5,0, Ni—1,5, Cu—2,5, Ba—45.

Карбонаты морских условий формирования отличаются от пресноводных минимальными концентрациями железа и алюминия, что надо учитывать при палеогеохимических и палеогеографических реконструкциях аллювиального литогенеза.

В. В. Добровольским (1966) приводятся следующие средние содержания элементов в гипергенных карбонатных новообразованиях (%): Mn—38, Cr—6,4, Ni—1,3, Co—0,9, V—5,8, Cu—4,6, Zn—5,0, Zr—4,8, Ti—90, Mo—0,5, Ba—37, т. е. речные карбонаты содержат в целом несколько повышенные концентрации Mn.

По составу глинистых новообразований в рассматриваемом плане пока мало детальных исследований. Для отложений территории Белоруссии состав фракции <0,001 мм пока-

Cu	Zn	Zr	Ti	Mo	Ba	Автор
4,0	—	—	220	—	—	А. Д. Архангельский, Е. В. Копченнова, 1934 E. Gorham, D. J. Swain, 1965
0,5—2	30—300	1—15	100—600	<0,1—1	—	»
—	—	—	—	3	—	»
—	—	—	10—1000	<5—6	—	»
—	—	—	10—200	5—5	—	S. Landergren, 1948
—	—	—	15	—	—	»
10—1900	19—150	19—120	60—252	6—71	5—980	А. В. Македонов, 1966 E. Gorham, D. J. Swain, 1965
430	71	63	66	40	320	»
16—1800	300—380	1,8—22	30—1400	19—200	—	»
3—10	10—30	—	—	<0,5	—	»
5	5	—	300	1	170	В. В. Добровольский, 1966

зан в табл. 64—66 (см. стр. 246—248). Отмечается некоторая тенденция к повышению содержания Si и понижению содержания K в речных отложениях (табл. 64). Показательны различия в составе солянокислой вытяжки из глинистых отложений разного генезиса (табл. 65). В составе микроэлементов различий не установлено (табл. 66).

Аллювиально-дельтовые глины выделяются минимальными концентрациями Fe, Al, Ca и Mg в вытяжках, что связано не только с фаціальными, но и, как показано выше, с палеоклиматическими особенностями верхнеолигоценного аллювиального литогенеза.

Среди четвертичных глин разного генезиса речные выделяются максимальными концентрациями Fe и Ca в составе вытяжек. По данным В. К. Лукашева и Т. Н. Симуткиной (1968), в вытяжках речных осадков также резко понижены содержания растворимого осадка (2,3% против 8,5 — в моренных и 19,5 — озерно-ледниковых отложениях).

## Химический состав карбонатных

Генетический тип	Кол-во проб	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO
Аллювиальный	5	46,43—74,90	5,36—8,60		7,62—23,8
		63,98	6,70		14,28
Аллювиальный и озерно-аллювиальный (лессы)	2	8,11—18,31	0,6—3,11	0,70—1,50	37,47—50,73
		13,22	1,85	1,10	44,1
Озерный	7	1,15	0,71—4,90	0,72—4,10	28,44—52,73
		—	2,52	1,87	46,80
Озерно-ледниковый	7	20,70—69,63	6,39—17,18	1,53—4,90	2,20—34,32
		49,33	12,50	2,79	12,52
	2	—	—	—	44,61—44,64 44,62
Моренный	3	21,79—57,38	1,49—5,45	0,32—1,06	15,93—41,33
		45,43	2,91	0,67	25,98
Морской	7	0,03—8,23	0—0,84	0,13—0,79	39,16—54,57
		—	0,38	0,38	48,95

Таким образом, продукты аллювиального литогенеза имеют ряд особенностей гранулометрического, минералогического и химического состава; их необходимо учитывать при определении генезиса и условий формирования осадков.

### Процессы выветривания и геохимические особенности состава аллювия

Деятельность рек выступает одним из наиболее значительных факторов выветривания. Она заключается в размыве, транспортировке и переотложении продуктов эрозии, изменении состава и перегруппировке вещества, в формировании отличных от первоначальных пород осадков и новообразований. Общие закономерности химического выветривания в связи с аллювиальной деятельностью проследим на примере бассейна Днепра.

**Выветривание коренных пород и состав речных осадков.** В этом отношении характерен пример аллювиального выветривания близ д. Каменка Олевского района Житомирской области (К. И. Лукашев, В. А. Кузнецов, 1966). Здесь, в долине Уборти, выходят на поверхность граниты. Развитый на них

## новообразований разного генезиса, %

MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	Автор
0,34—1,03	—	—	0,17—0,85	—	В. А. Кузнецов
0,60	—	—	0,53	—	
0,49—1,66	—	—	0,29—0,44	28,65—38,67	«Геохимические провинции ...», 1969
1,07	—	—	0,36	33,66	
0,21—7,0	—	—	—	32,34—41,85	по А. В. Македону, 1966
2,15	—	—	—	38,92	
1,39—3,54	1,54—4,02	0,95—3,05	0,01—6,01	0—27,11	по М. Salmi, 1959
2,08	2,89	2,18	—	—	
1,97—2,07	—	—	0,09—0,13	—	«Геохимические провинции ...», 1969
2,02	—	—	0,11	—	
0,22—1,34	0,15—1,70	0,27—1,57	не обн.—0,05	—	«
0,70	0,87	1,04	—	—	
сл.—2,59	сл.	сл.	сл.—1,15	31,43—43,07	по А. В. Македону, 1966
—	—	—	—	37,61	

элювий представлен обломками кварца и дресвой гранитов с различной степенью выветрелости полевых шпатов, слюд и других минералов, а аллювий представлен разномзернистыми песками с повышенным количеством биотита и дресвы гранита. Развитие элювия сопровождается некоторым увеличением содержания Si и уменьшением Fe, Ca, Na, K, Al и микроэлементов. Формирование речных осадков вследствие выветривания гранитов ведет к резкому изменению состава продуктов выветривания и уменьшению содержания (по отношению к элювию) Na<sub>2</sub>O в 17,7, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 7,8, CaO 6,5, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 6,1, MgO 5,4, K<sub>2</sub>O 4,5, TiO<sub>2</sub> в 3,9 и увеличению SiO<sub>2</sub> в 1,5 раза. Заметно уменьшается содержание микроэлементов (Mn, V и Ba в 10, Cu в 5 раз), что в основном связано с разрушением и выносом полевых шпатов, пироксенов, слюд и других малоустойчивых минералов.

Интересны в этом отношении экспериментальные работы по воздействию вод на состав исходных пород. С. С. Морозовым (1957) в результате длительных (15-летних) опытов установлено, что в раствор переходят главным образом щелочные и щелочноземельные элементы (в первую очередь за счет изоморфных примесей), менее — кремнекислота. Количество

Таблица 64

Химический состав фракции  $<0,001$  мм различных генетических типов палеогеновых и четвертичных отложений БССР, %

Компонент	Палеогеновые	Четвертичные				
	дельтовые	ледниковые	озерно-ледниковые	аллювиальные	лессовые	флювиогляциальные
SiO <sub>2</sub>	35,75	48,72—56,29	46,16—49,8	45,13—61,67	52,6—58,85	49,79—58,07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,01	20,18—25,46	20—22	16,93—24,45	19,55—22,93	17,03—24,38
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +FeO	21,57	8,35—11,61	10,8	5,51—10,67	6,46—12,01	3,78—11,86
CaO	0,21	0,60—1,09	0,94—2,0	0,15—20,64	0—1,0	0,37
MgO	1,63	1,42—4,31	—	0,46—3,40	1,25—2,21	0,28—2,74
K <sub>2</sub> O	4,77	2,11—4,47	5,6	0,70—2,62	2,14—3,18	0,94—3,08
Na <sub>2</sub> O	0,23	0,10—0,60	0,7	0,17—1,04	0,56—1,41	0,31
п.п.п.	11,33	6,64—11,68	—	—	5,73—8,39	8,76—29,18

Состав 3%-ной солянокислой вытяжки из глин территории БССР  
(составлена по данным В. К. Лукашева, Т. Н. Симуткиной, 1968), %

Возраст	Генетический тип	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO
Pg <sub>3</sub> <sup>2</sup> Q	Аллювиально-дельтовый	0,64	1,36	1,07	0,39
	Озерно-аллювиальный	1,68	1,37	7,83	1,69
	Озерный	1,35	1,81	5,82	2,93
	Лессовый	0,98	1,56	2,05	0,46
	Моренный	1,00	1,37	2,92	0,75

вещества, перешедшего в раствор химически чистой воды, составляло для базальта около 1%, роговой обманки — 0,8, ортоклаза и микроклина — 0,4% от сухой навески исходной породы. Действие химически чистой воды за указанный период близко к результатам воздействия углекислоты в течение 5 месяцев.

**Выветривание четвертичных отложений и состав речных осадков.** Сравнительное изучение состава различных генетических типов покровных пород позволяет не только выяснить специфику продуктов аллювиального литогенеза, но и оценить взаимосвязи пород в процессах выветривания и формирования их состава. При выветривании и переотложении различных четвертичных пород и формировании при этом речных осадков в основном происходит концентрирование в последних Si и преимущественное рассеивание Fe, Al, Ca, Mg, Na, K, Ti, Mn, V и т. д. (табл. 59).

Процессы выветривания и взаимосвязь покровных пород в ландшафтах имеют сложный характер. При современном выветривании и литогенезе в речных долинах мы выделяем два типа взаимоотношений составов речных осадков с другими покровными образованиями: обратимый и необратимый.

Первый тип охватывает взаимосвязи составов речных и эоловых осадков, почв и растительных ассоциаций, речных и грунтовых вод. Химические элементы и соединения здесь находятся в основном в относительно замкнутом цикле миграций и генетических отношений и имеют между собой прямую, обратную или опосредованную (через промежуточное образование) связь. Ко второму типу относятся взаимоотношения составов речных осадков, с одной стороны, и моренных, флювиогляциальных, озерно-ледниковых, лессовых отложений (как и глубинных пород) — с другой. Здесь имеет место прямой и необратимый характер перехода указанных отложений и пород в речные осадки, частично опосредованный составами речных и грунтовых вод.

Содержание микроэлементов во фракции  $<0,001$  мм покровных образований различного генезиса,  $n \cdot 10^{-3}$  %

Генетический тип, территория	Mn	Cr	Ni	Co	V	Cu	Zn	Zr	Ti	Ba	Автор
Аллювиальный Полесье р. Кама Белгородская обл.	93	23,0	4,3	1,5	6,5	7,6	15,6	не опр.	286	106	В. А. Кузнецов В. В. Добровольский, 1966 И. Д. Зхус, Г. Г. Ильинская, 1958
	100	65	10,0	3	17	6	8	12	680	—	
	4	8,1	3,0	0,8	22	2,4	—	14	580	10	
Озерно-аллювиальный БССР	20	12,9	2,5	1,1	12,4	3,2	сл.	20,8	290	34	«Геохимические провинции...», 1969
Флювиогляциальный Полесье БССР	54	42	10	4	27	54	—	—	532	219	«
	188	5	4	1	9	8	—	22	320	15	
Моренный Полесье	64	32	5	1,7	27	3,4	—	—	610	110	«Геохимическая характеристика литогенеза...», 1966
Озерно-ледниковый БССР	100	36	4,8	2,0	5,8	6,7	—	29	не опр.	5,5	«Геохимические провинции...», 1969
Почва аллювиально-луговая (гумусовый горизонт) БССР	20	20	2	—	10	10	—	—	—	—	«
Четвертичные отложения СССР	73	9,3	2,1	1,2	11,7	7,0	8,3	4,1	117	43	В. В. Добровольский, 1966

Однако на протяжении четвертичного периода речные отложения неоднократно захватывались и перерабатывались ледниками и, следовательно, в палеогеохимическом аспекте второй тип взаимоотношений пород имел циклический характер.

Количественная сторона рассматриваемых взаимоотношений пород и миграции элементов в процессах выветривания в связи с речной деятельностью носит разнообразный характер. На рис. 24 показано поведение в речных долинах относительно инертного кремния, легко мигрирующего кальция и средне мигрирующего титана.

Характерно обогащение кремнием (главным образом в форме  $\text{SiO}_2$  кварца) речных отложений. Коэффициент его миграции (отношение содержания в исходной породе к содержанию в речном осадке) составляет 0,68—0,98. О некоторой подвижности элемента в растворенной форме свидетельствует наличие его в составе речных и грунтовых вод и в аморфной форме осадка, образование опала и т. д. Эоловые процессы и развитие аллювиально-луговых почв ведут к некоторому дополнительному обогащению кремнеземом.

Активная миграция кальция в условиях долины сопровождается его выносом за пределы бассейна. Коэффициент миграции данного элемента характеризуется величинами от 1,4 по отношению к моренным и до 4,6 — к озерно-ледниковым отложениям, т. е. отражает выход определенного количества элемента из процесса формирования речных отложений. По отношению к эоловым осадкам и аллювиально-луговым почвам формирование речных отложений характеризуется накоплением кальция.

**Место аллювия среди других продуктов континентального выветривания.** На территории бассейна в зависимости от отношения к исходным породам мы выделяем элювиальный и аккумулятивный типы продуктов выветривания. Элювиальный, остаточный тип не широко распространен и представлен дресвой гранитов (верховья Уборти, Словечны и т. д.) и глинами (в основании террас и пойм в верховьях Припяти, Ю. Случи и других рек), формирующимися при выветривании изверженных пород Украинского кристаллического массива. Аккумулятивный, переотложенный тип представлен ледниковыми (моренными, флювиогляциальными, лимногляциальными) отложениями, образовавшимися за счет выветривания изверженных и метаморфических пород Фенно-Скандии и дочетвертичных осадочных образований Русской платформы. Среди местных продуктов выветривания, образующихся за счет указанных отложений, в генетическом отношении выделяются и делювиальные, эоловые, озерные, болотные, аллювиальные и почвенные.

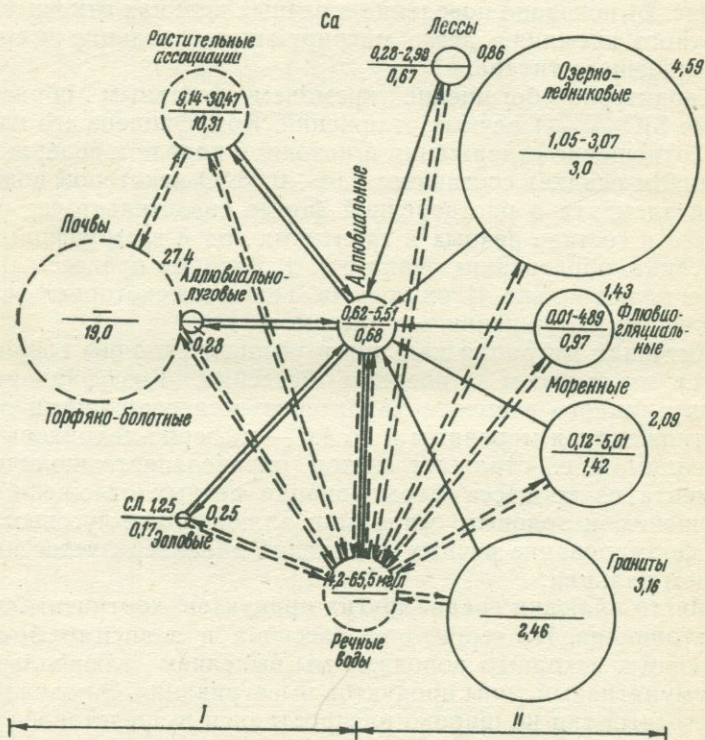
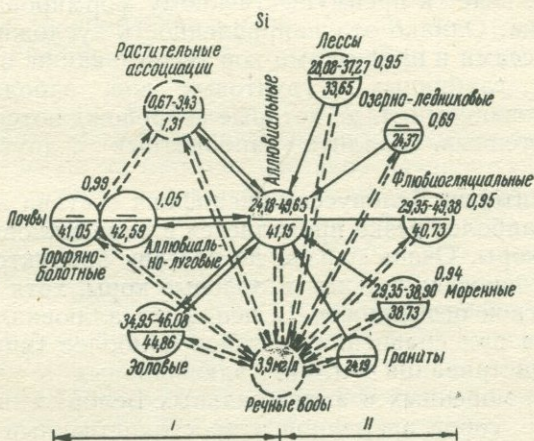
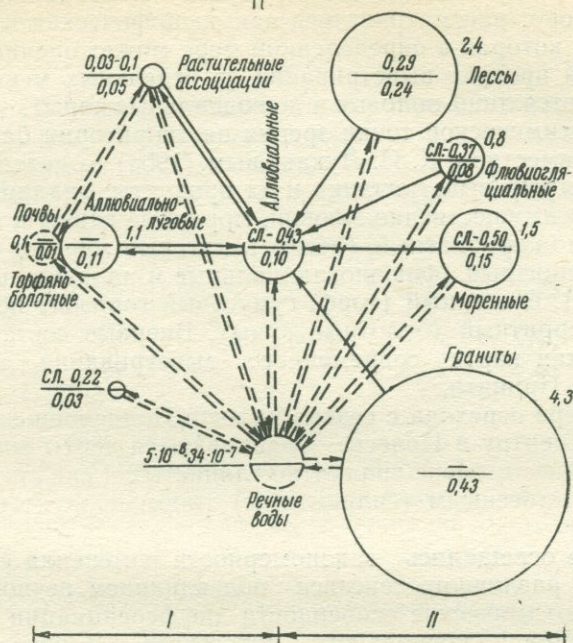


Рис. 24. Геохимические циклы поведения Са, Тi и Si в четвертичных отложениях — прямые и обратные опосредованные связи. Цифры: в кругах у круга — величина отношения содержания элемента в исходных породах к содержанию в аллювиальных отложениях

Ti



женях бассейна Припяти: сплошные линии — прямые и обратные связи, в числителе — пределы, в знаменателе — среднее содержание элемента, % к содержанию в речных осадках; I — современная замкнутая и II — современная цикличность

В генетическом смысле продукты аллювиального литогенеза могут рассматриваться как специфическая кора выветривания, которая в определенной мере может оцениваться как конечный продукт выветривания (в отдельных местах по ней развиваются лишь золотые и делювиальные коры).

С геохимической точки зрения на территории бассейна автором совместно с К. И. Лукашевым (1964) выделены следующие типы кор выветривания и их продукты: сиаллитно-глинистый (преимущественно элювий, моренные глины и суглинки), сиаллитно-карбонатный (лессы и луговые мергели), литогенный, силицитный (флювиогляциальные и аллювиальные пески и супеси), биогенный (торф, гумусовый горизонт почв), сиаллитно-ферритный (болотные руды). Впервые составлена геохимическая карта современного выветривания территории бассейна Припяти.

По мере перехода с севера на юг в Поднепровье и от периферии к центру в Полесье улавливаются черты зональности, выраженные в смене сиаллитно-глинистых и сиаллитно-карбонатных литогенным (силицитным) типом продуктов выветривания.

Выше освещались закономерности изменения состава отложений различного генезиса под влиянием речной деятельности, геохимические особенности дифференциации элементов и продуктов аллювиального литогенеза. В конечном счете аллювиальная кора, развивающаяся за счет других кор выветривания, ведет к преимущественному формированию силицитного типа. Однако эта направленность усложняется другими процессами и продуктами кор выветривания, связанными с подтоком глубинных и грунтовых вод, заболачиванием, почвообразованием и т. д., которые сопровождаются формированием биогенных, сиаллитно-карбонатных и других продуктов.

На территории Белоруссии специфика состава аллювиальной коры наиболее резко проявляется в паре аллювиальные — моренные коры. Очень близки по составу продуктов аллювиальные, флювиогляциальные и эоловые коры, хотя каждая из них имеет свои особенности. Специфика аллювиальной коры проявляется при сравнении составов наиболее типичных продуктов выветривания — глин: элювиальных с территории Финляндии, моренных и аллювиальных Белоруссии, образующих между собой временной и пространственный генетический ряд (табл. 67).

Весьма показательно в ряду 1—2—3 постепенное увеличение содержаний  $\text{SiO}_2$  и уменьшение содержаний  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{MgO}$  за счет постепенного обогащения морен, а затем аллювия песчаным материалом. Резкое увеличение содержаний  $\text{CaO}$  в моренных глинах связано с захватом ледниками отложений

Средние составы глин Финляндии и Белоруссии (%)  
и их отношения\* †

Генетический тип, территория	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>
Элювиальный Финляндия (1)	58,67	5,42	16,60	2,17	2,81	0,19
Моренный БССР (2)	62,55	5,49	13,08	6,01	2,33	0,21
Аллювиальный БССР (3)	67,40	4,82	12,64	4,39	1,70	0,26
Отношения: 2:1	1,06	1,01	0,78	2,76	0,83	1,10
3:2	1,07	0,87	0,96	0,73	0,72	1,23
3:1	1,14	0,88	0,76	2,02	0,60	1,35

\* Состав глин Финляндии по J. J. Donner, 1965.

палеозоя, представленных преимущественно известняками; речной перемыв моренного материала ведет к обеднению глин этим компонентом. Уменьшение содержаний окислов железа отмечается в связи с аллювиальным перемывом моренных осадков.

Интересно отметить, что степени преобразования исходных материалов (отношения 2:1 и 3:2) при моренном и аллювиальном литогенезе оказываются близкими для Si, Mg и несколько разнятся для Al, Ca и Fe. Различия речных глин Белоруссии (в определенном отношении как конечного продукта преобразования глин Скандинавии) выступают более резко (3:1).

Особенностью аллювиальных кор является разнообразная и четко выраженная дифференциация элементов, что проиллюстрировано выше на примере составов различных литологических и фациальных комплексов аллювия и других генетических типов пород.

Показано (В. А. Кузнецов, 1965 б), что аллювиальная кора по отношению к покровным образованиям на территории Полесья имеет степень концентрации (отношение содержания элементов в аллювии к их содержанию в покровных отложениях): Si — 1,01, Al — 0,96, Fe — 0,92, Ca — 0,80, Mg — 0,96, K — 0,91. Геохимическая специфика аллювиальных кор выветривания выступает также при сравнении их состава с кларками земной коры (табл. 68). Площади развития речных осадков выделяются повышенными концентрациями Si и пониженными Al, Fe, Ca, Mg, Na, K. Среди четвертичных песчаных отложений Русской платформы аллювий рек БССР, сложенный главным образом песками, выделяется также подобными соотношениями элементов.

Среднее отношение содержания элементов в современных песчаных аллювиальных отложениях БССР к кларкам земной коры и четвертичных песчаных пород Русской платформы\*

Бассейн	Кол-во проб	Si	Al	Fe	Ca	Mg	Na	K
<i>К кларкам земной коры</i>								
Западная Двина	57	1,47	0,12	0,07	0,23	0,17	0,09	0,22
Неман	60	1,48	0,10	0,11	0,12	0,11	0,09	0,21
Днепр	89	1,47	0,10	0,08	0,10	0,06	0,07	0,22
Припять	90	1,51	0,07	0,08	0,08	0,06	0,04	0,11
Среднее для аллювия БССР	296	1,48	0,09	0,08	0,11	0,10	0,07	0,17
<i>К кларкам четвертичных песчаных пород</i>								
Западная Двина	57	1,20	0,62	0,54	0,22	0,29	2,40	0,57
Неман	60	1,21	0,51	0,78	0,11	0,19	2,40	0,56
Днепр	89	1,20	0,51	0,57	0,09	0,10	1,90	0,57
Припять	90	1,23	0,36	0,56	0,08	0,08	1,10	0,30
Среднее для аллювия БССР	296	1,21	0,49	0,60	0,10	0,19	2,00	0,44

\* Кларки земной коры — по А. П. Виноградову (1956), кларки четвертичных песчаных пород Русской платформы — по А. Б. Ронову, М. С. Михайловской, И. И. Солодковой (1963).

Таким образом, аллювиальные коры выветривания характеризуются как области, обогащенные кремнием и обедненные алюминием, железом, щелочноземельными и щелочными элементами. Специфика аллювиальной коры четко проявляется в составе ее продуктов как в целом, так и в отдельных ее литогических и геохимических типах.

**НАУЧНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ  
ГЕОХИМИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ  
АЛЛЮВИАЛЬНОГО ЛИТОГЕНЕЗА**

В предыдущих главах показано, какие возможности открывает исследование закономерностей геохимической дифференциации элементов и аллювиального литогенеза для реконструкции палеогеохимических и палеогеографических сред осадконакопления, геохимического районирования территории, разработки стратиграфических коррелятивов, для выяснения роли аллювиальных процессов в выветривании и континентальном литогенезе и т. д. В основу изучения были положены характеристики кларкового состава породообразующих и микроэлементов в различных фациальных, литологических, возрастных и пространственных комплексах речных отложений; величины геохимических коэффициентов; особенности распределения элементов по гранулометрическим и минералогическим составляющим осадков; данные составов поглощенного комплекса, водных и кислотных вытяжек и поровых растворов; содержания  $C_{орг}$ ; величины рН и т. д. Ниже кратко остановимся на некоторых научно-теоретических и прикладных аспектах данной работы.

**Геологические  
и палеогеографические аспекты**

Аллювиальные процессы в бассейне Днепра на протяжении четвертичного периода имели большое развитие во всех межледниковьях и широко развиты в настоящее время. Переход от теплых к холодным условиям межледниковий сопровождался изменениями гидрологического режима рек и соответствующей сменой типов аллювия от нормального к перигляциальному. При этом в перигляциальной обстановке, как показано в работе, формировались предледниковая и полесская разновидности перигляциального аллювия. Особенностью

развития аллювия в периоды оледенений была его тесная связь с ледниковой эрозией и формированием переуглубленных долин ледникового выпахивания и размыва, образование гляциоаллювиальных отложений.

В четвертичном периоде, несмотря на большую значимость ледников, роль аллювиальных процессов в рельефообразовании и литогенезе была существенной. Недооценка этой роли не позволяет правильно осветить палеогеографические и палеогеоморфологические особенности строения и развития территории, закономерности унаследованности в развитии речных долин и составе осадков, связи деятельности речных потоков и ледников в условиях формирования ложбин ледникового выпахивания.

Изучение состава речных отложений и их геохимических особенностей помогает решению ряда геологических вопросов, прежде всего связанных с определением генезиса осадков, их возраста и стратиграфического положения, с пространственной и возрастной корреляцией отложений и структур, с выяснением фациальной обстановки осадконакопления и геологического строения бассейна эрозии. Здесь нет необходимости доказывать важность правильного определения генезиса осадков. Вместе с тем решение этого вопроса остается в ряде случаев трудным, что обусловлено наличием обстановок, в которых происходит формирование осадков близкого генезиса (озерно-аллювиальных, старично-болотных и т. д.); условиями, когда одновременно формируются отложения одного и того же литологического типа под действием разных геологических агентов (пески в пойме аллювиального и эолового происхождения, переходы задровых в речные образования и т. д.); невозможностью (как при изучении обнажений) привлечения данных залегания, слоистости, текстурных и других признаков пород для выяснения генетических вопросов при получении рыхлого материала осадков при проходке скважин.

Выше вскрыты различия вещественного состава осадков нормального, перигляциального и дельтового аллювия территории Белоруссии; отмечен ряд отличий состава песчаных и глинистых отложений аллювиального от сходных осадков моренного, флювиогляциального, озерно-ледникового и озерно-аллювиального происхождения; показано, что геохимические особенности состава осадков даже одного и того же литологического типа несут в себе информацию о фациальной среде. Использование многокомпонентных диаграмм химического состава, сведений о составе вытяжек, концентрации аморфных форм соединений и соотношений микроэлементов в осадках помогает определению фациальных обстановок и генезиса отложений.

Впервые освещены вопросы геохимической эволюции состава аллювиальных отложений на протяжении неоген-четвертичного времени в бассейне Днепра, показана его специфика для осадков различных возрастов. Вскрыты существенные различия обстановок аллювиального литогенеза между неогеном и четвертичным периодом, обусловленные климатическими и палеогеографическими различиями развития региона. Эти различия использованы для уточнения возрастной принадлежности отдельных опорных горизонтов.

Подмеченные закономерности цикличности состава речных осадков с учетом закономерностей его пространственной химической дифференциации в дальнейшем будут способствовать более детальному стратиграфическому расчленению и геологическому картированию аллювиальных толщ. Определение палеофациальных сред осадков по данным вещественного состава использовано при выяснении особенностей развития межледниковых аллювиальных свит, не содержащих органических и палеонтологических остатков.

Характеристики состава аллювия различных фациальных условий, примененные автором для районирования и картирования территории бассейна, показывают хорошую сопоставимость их с данными изучения геохимических провинций покровных пород Белоруссии, что позволяет шире рекомендовать изучение аллювия для целей геологического картирования территорий.

Изучение геохимических закономерностей состава речных отложений и развитие методов геологических и палеогеографических реконструкций по нему в настоящее время приобретают важное значение в связи с увеличением находок погребенных аллювиальных свит и приуроченных к ним полезных ископаемых в различных геологических системах. В этой связи необходимо учитывать ряд особенностей формирования древних аллювиальных отложений.

Как отмечалось еще Л. Б. Рухиным (1960), древние речные сети отличаются от современных меньшей врезанностью долин, большим разделением речной артерии на ряд русел, накоплением материала в условиях гигантских конусов выноса и огромных дельт; органическое вещество в них в отдельные периоды развития земной коры было слабо развито или, наоборот, накапливалось в больших количествах (соответственно палеозойские красноцветные или мезозойские угленосные аллювиальные толщи).

При восстановлении условий древнего литогенеза большой интерес представляет анализ состава новообразований, соединений аморфных соединений железа, кремнезема и глинозема, состава глинистых и терригенных минералов, вытяжек и поровых растворов, анализ закономерностей распределения,

содержания и ассоциаций микроэлементов в различных составляющих пород, их литологических, фациальных и пространственно-возрастных комплексах.

Отмеченные геохимические особенности состава отложений и их составляющих помогают решению многих проблем палеогеографии: восстановлению палеоклиматических условий, строения древнего рельефа и характера ландшафтных обстановок, путей сноса материала, уточнению геохимических обстановок древних водоемов и условий обитания растительных и животных организмов и т. д.

### **Прикладные аспекты геохимического изучения аллювия**

В настоящее время поиски полезных ископаемых в речных отложениях осуществляются в основном по русловым осадкам — обломкам горных пород (обломочно-речной метод), рудным или сопутствующим минералам (шлиховой) и ореолам рассеивания элементов (металлометрический метод).

Широко применяются геохимические методы поисков по речным отложениям, основанные на анализе: 1) содержания элементов в илесто-глинистых фракциях донных осадков (В. В. Поликарпочкин, 1962; А. П. Соловьев, Н. Я. Кунин, 1960; А. Н. Боголюбов, Н. Н. Сочеванов, 1959 и др.); 2) концентраций и ассоциаций элементов в минералах шлихов (А. В. Костерин, 1965; Б. С. Лунев, 1967 и др.); 3) состава речных взвесей (Н. В. Квашневская, Е. И. Шабловская, 1963 и др.); 4) содержания металлов в растворах, получаемых при обработке осадка экстракционными реагентами (Х. Е. Хоукс, Г. Блюм, 1956; J. S. Webb и др., 1965, 1968); 5) вод в районах возможных аллювиальных россыпей (Н. И. Сафронов, В. В. Поликарпочкин, Ю. Н. Трушков, 1960; Е. А. Пономарев, 1962; K. F. G. Hosking, R. Obial, 1966) и 6) сочетаний указанных методов.

Однако еще далеко не полностью использована в поисковых целях вся информация, заложенная в химическом составе речных осадков. Как показано в данной работе, в аллювиальных отложениях концентраторами элементов выступают в зависимости от условий различные компоненты осадка: терригенный материал (обломки пород и рудные минералы — концентраторы титана, циркония, меди, хрома и т. д.); продукты гипергенных физико-химических, химических (новообразования окислов железа, карбонатов, фосфатов, аккумулярующие никель, марганец, хром, кобальт, медь, титан) и биохимических процессов (накопление ванадия, титана, кобальта, мар-

ганца в растительных остатках, наилках и гумусовом горизонте почв), адсорбции (глинистые минералы, обогащенные титаном, хромом, ванадием, никелем и т. д.); поровые растворы и т. д. В речных отложениях повышенные концентрации элементов часто являются результатом сочетаний механических, солевых и водных ореолов рассеивания, формирующихся в различных фациальных и ландшафтных условиях.

Расширение геохимических поисков россыпей и коренных месторождений (особенно погребенных, а также находящихся в районах сложной геологической обстановки и развития покровных пород) по аллювию должно связываться не только с совершенствованием указанных методов, но и развитием новых, основанных на знании и учете всех возможных форм концентраций и ассоциаций химических элементов в речных осадках (в первую очередь в их минеральных новообразованиях, различных составляющих органического вещества, солевых вытяжках, в составе терригенных породообразующих и рудных минералов). При этом изучение распределения элементов должно сочетаться с исследованием геохимических закономерностей состава осадков всего комплекса аллювиальных фаций, а также особенностей химической дифференциации речного материала.

В связи с тем что практически отсутствуют легко открываемые россыпи и коренные месторождения, существенное значение приобретает детальное изучение кларкового значения аллювиальных осадков отдельных регионов в направлениях, показанных в данной работе. Последнее важно также с развитием в настоящее время поисков россыпей титана, олова, золота, платины, алмазов, киновари, минералов редких элементов, характеризующихся пониженной размерностью зерен ценного компонента.

Возможно использование для поисковых целей гипергенных новообразований аллювия как наиболее ярких индикаторов среды. Изложенные в работе принципы палеогеографической и палеогеохимической реконструкции условий аллювиального литогенеза могут быть также применены при поисках погребенных россыпей.

Данные изучения геохимической дифференциации элементов по гранулометрическим фракциям и минералогическим составляющим осадков должны учитываться при комплексном использовании речных отложений, разрабатываемых на стройматериалы с извлечением из них ценных минералов методами принудительного обогащения.

Установленные характеристики аллювиальных отложений более глубоко раскрывают геохимическую специфику территорий и протекающих на них процессов, что может быть использовано в народнохозяйственных целях. Так, в условиях

Полесья и Поднепровья почвы, развитые в речных долинах, являются наиболее плодородными. Между составами речных осадков, почвенного и растительного покрова существует тесная взаимосвязь. Проведенное геохимическое районирование аллювия отражает биогеохимические провинциальные особенности изученной территории. Поэтому результаты исследования могут быть применены при разработке мероприятий по комплексному освоению почв и ландшафтов в сельскохозяйственных целях, а также в борьбе с эндемическими заболеваниями человека и растений (полегаемость злаковых от дефицита меди и т. д.). Данные по вещественному составу пойменных и русловых осадков, речных вод территории Белорусского Полесья найдут применение при разработке прогнозов техногенно-геохимических изменений ландшафтов и выработке рекомендаций по комплексному освоению территории и охране природы в связи с огромным масштабом проводимых и планируемых здесь мелиоративных и других работ.

### **Некоторые методические вопросы изучения аллювия**

Рассмотрение геохимических аспектов аллювиального литогенеза проведено с позиций комплексного изучения состава отложений, в основе которого лежит детальная геохимическая характеристика литологических и фациальных разновидностей осадков и их ассоциаций. Исходя из результатов геохимической дифференциации элементов на всех стадиях аллювиального литогенеза, характеризовались составные части отложений (терригенная, новообразования, вытяжки и т. д.), в различной степени отражающие среду и процессы формирования аллювия. Такой подход к оценке геохимии континентального литогенеза, развиваемый в Институте геохимии и геофизики АН БССР, применен при изучении аллювия впервые и весьма перспективен.

До настоящего времени при стратиграфических корреляциях осадков по геохимическим данным не принималась во внимание закономерность химической дифференциации элементов вниз по течению рек, вкrest простираения долины, по фациальным комплексам отложений и т. д. В свете изложенных материалов такой учет является методически необходимым.

Комплексная геохимическая характеристика аллювия с учетом фациальных сред и закономерностей дифференциации элементов вниз по течению рек и в профиле долин, при переходе от периферийных к центральным участкам бассейнов позволит глубже раскрывать не только геохимические осо-

бенности площадей распространения речных осадков, но и полнее выявлять геологическую и геохимическую обстановку водораздельных пространств, особенно погребенных в настоящее время под покровными образованиями, что заставляет шире рекомендовать комплексное изучение аллювия при геологическом и геохимическом картировании закрытых территорий и при поисках глубинных месторождений полезных ископаемых.

Материалы работы могут быть использованы в решении методических вопросов изучения взаимосвязей гранулометрического, минералогического и химического состава осадков.

## ЛИТЕРАТУРА

А лекин О. А. Основы гидрохимии. Л., 1958.

А лекин О. А., Бра жникова Л. В. Вынос реками растворенных веществ с материков и связь этого процесса с механической эрозией земной поверхности. Химия земной коры, т. I. М., 1963.

А поллов Б. А. Учение о реках. М., 1963.

А ринушкина Е. В. Химическая природа и образование ортандов. Уч. зап. МГУ, вып. 27. М., 1939.

А рсланов Х. А., Вознячук Л. Н., Величкевич Ф. Ю., Махнач Н. А., Калечиц Е. Т., Петров Г. С. Палеогеография Белоруссии в ранние фазы формирования средневалдайских генераций аллювия второй надпойменной террасы Днепра. ДАН СССР, т. XV, № 2, 1971.

А рхангельский А. Д., Копченова Е. В. О зависимости химического состава осадочных железных руд от условий их образования. Бюлл. Моск. об-ва испытателей природы, отд. геол., т. 12, вып. 2, 1934.

Баас А. Г., Каплан И. Р., Мур Д. Пределы колебаний рН и окислительно-восстановительных потенциалов природных сред. В кн.: Геохимия литогенеза, М., 1963.

Ба турин В. П. К петрографии аллювия рек Союза. Бюлл. Моск. об-ва испытателей природы, отд. геол., т. 12, вып. 3, 1934.

Безбородов М. А., Мазо Э. Э., Зуев Н. И. О природе тонкодисперсной части глин некоторых месторождений БССР. Изв. АН БССР, сер. физ.-техн. наук, № 4, 1953.

Белицын Г. Д., Зырин Н. Т. Пути миграции микроэлементов в основных ландшафтах Дагестана. В кн.: Геохимия ландшафта, вып. 1—2. М., 1968.

Бенсман В. Р., Ковалев В. А. Болотные отложения. В кн.: Геохимические провинции покровных отложений БССР. Минск, 1969.

Билибин Ю. А. Основы геологии россыпей, изд. 3. М., 1956.

Боголюбов А. Н., Сочеванов Н. Н. Мелкомасштабные металлометрические поиски полиметаллов по ореолам и потокам рассеивания. Разведка и охрана недр, № 10, 1959.

Богомоллов Г. В. Геологические структуры Белоруссии и краткая характеристика дочетвертичного и современного рельефа. В кн.: Геология и полезные ископаемые БССР, сб. I. М., 1946.

Ботвинкина Л. Н. Методическое руководство по изучению слоистости. Труды ГИН АН СССР, вып. 119. М., 1965.

Бушинский Г. И. Условия накопления сидеритов, вивианитов и бурых железняков в болотах Белоруссии. Бюлл. Моск. об-ва испытателей природы, отд. геол., т. 21, вып. 3, 1946.

Великанов М. А. Динамика русловых потоков. М., 1955.

Вильямс В. Р. Почвоведение, изд. 3. М., 1939.

Виноградов А. П. Закономерности распределения химических элементов в земной коре. Геохимия, № 1, 1956.

Виноградов А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М., 1957.

Виноградов А. П., Ронов А. Б. Состав осадочных пород Русской платформы в связи с историей ее тектонического движения. Геохимия, № 6, 1956.

Вознячук Л. Н. Отложения последнего межледниковья на территории Белоруссии. В кн.: Материалы по антропогену Белоруссии. Минск, 1961.

Вознячук Л. Н., Махнач Н. А., Величкевич Ф. Ю., Пидопличко А. П., Калечиц Е. Г. К палеогеографии средней полосы Русской равнины в валдайском (поозерском) мегонинтерстадиале. В кн.: Палинологические исследования в СССР. Минск, 1971.

Ворона В. А. Красноцветная плиоцен-антропогеновая формация левобережья среднего Приднепровья. Автореферат канд. диссертации. Киев, 1967.

Геохимические провинции покровных отложений БССР. Минск, 1969.

Геохимическая характеристика литогенеза и ландшафтов Белорусского Полесья. Минск, 1966.

Геохимия озерно-болотного литогенеза. Под ред. К. И. Лукашева. Минск, 1971.

Гидроэнергетические ресурсы Белоруссии. Под ред. М. Г. Мурашко и П. Д. Татилло. Минск, 1957.

Гиммельштейн Е. Н. Из истории геологического изучения Припятского Полесья. В кн.: Геология и полезные ископаемые БССР, сб. 2. Минск, 1948.

Глаголева М. А. Формы миграции элементов в речных водах. В кн.: К познанию диагенеза осадков. М., 1959.

Голубцов В. К., Махнач А. С. Фации территории Белоруссии в палеозое и раннем мезозое. Минск, 1961.

Горбунов Н. И. Высокодисперсные минералы и методы их изучения. М., 1963.

Горелик З. А. Связь современного рельефа Полесской низменности с тектоническими структурами. Изв. вузов, сер. геология и разведка, № 11, 1958.

Горелик З. А. О происхождении долины Днепра и причинах ее резкого изгиба в районе г. Орши. В кн.: Вопросы географии Белоруссии, вып. 1. Минск, 1960.

Горелик З. А., Мишагова Э. Д., Левков Э. А. Пески БССР и их промышленное использование. Минск, 1961.

Горецкий Г. И. Генетические типы и разновидности перигляциаль-

ных формаций. В кн.: Материалы по генезису и литологии четвертичных отложений. Минск, 1961.

Горецкий Г. И. Аллювиальная летопись Великого Пра-Днепра. М., 1970.

Гофштейн И. Д., Рипун М. Ю. Синерзис кремнезема в древнем аллювии Днестра. В кн.: Вопросы минералогии осадкообразований, кн. 6. Львов, 1961.

Гридин В. И. Влияние тектонических поднятий юго-запада Припятской впадины на характер деятельности русловых потоков. Материалы III научной конференции молодых геологов Белоруссии. Минск, 1969.

Громова Е. В. Минералогический состав дельты Дона. ДАН СССР, т. 91, № 2, 1953.

Гронковская Б., Мойский Ю. Э. Литофации плейстоценовых речных отложений на периферии Малопольской и Люблинской возвышенностей. Симпозиум Комиссии по генезису и литологии отложений четвертичного периода (ИНКВА). Познань, 1967.

Гурский Б. Н. Условия залегания и строения антропогенных (четвертичных) отложений в бассейне р. Сож. Автореферат канд. диссертации. Минск, 1965.

Дементьев В. А. Основные черты рельефа и геоморфологические районы Белоруссии. В кн.: Вопросы географии Белоруссии. Минск, 1960.

Добровольский В. В. Элементы-примеси в карбонатных конкрециях из четвертичных отложений аридной зоны. ДАН СССР, т. 126, № 2, 1959.

Добровольский В. В. Гипергенез четвертичного периода. М., 1966.

Добровольский В. В. Геохимическое значение почвенных новообразований в поймах рек лесной зоны. В кн.: Геохимия ландшафта, вып. 1—2. М., 1968.

Докучаев В. В. Способы образования речных долин Европейской России. Избр. соч., М., 1948.

Дорофеев П. И. О плиоценовой флоре Белоруссии. В кн.: Нижний плейстоцен ледниковых районов Русской равнины. М., 1967.

Дорофеев П. И., Величkevич Ф. Ю. О позднеплейстоценовой флоре д. Дворец на Днепре. ДАН СССР, т. 200, № 5, 1971.

Дорофеев П. И., Манькин С. С. Олигоценовая флора д. Страдубка на Днепре. ДАН БССР, т. XIII, № 5, 1969.

Дромашко С. Т., Лукашев К. И., Сологуб В. М. Гранулометрическая характеристика покровных антропогенных отложений Белорусского Полесья. ДАН БССР, т. X, № 6, 1966.

Еськов Б. Г. Аллювий Верхнего Днепра в пределах Киевского водохранилища и его инженерно-геологические свойства. Автореферат канд. диссертации. Киев, 1966.

Жуховицкая А. Л., Замяткина А. А. Содержание микроэлементов тяжелых металлов (Co, Ti, Mo, Cr, Al, Pb) в поверхностных и грунтовых водах Полесской изменности БССР. Материалы к совещанию по геохимии гипергенеза. Минск, 1964.

Жуховицкая А. Л., Замяткина А. А., Лукашев К. И. Гидрогеохимические особенности формирования состава вод Верхнего Днепра. ДАН БССР, т. X, № 9, 1966.

Зхус И. Д., Ильинская Г. Т. Глинистые минералы мезозойских

отложений Белгородского железнорудного района и распределение в них рассеянных элементов. В кн.: Исследование и использование глин. Львов, 1958.

Карташов И. П., Шило И. П. Закономерности размещения россыпей, обусловленные экзогенными процессами. В кн.: Закономерности размещения полезных ископаемых, т. III, М., 1960.

Карташов И. П. Фации, динамические фазы и свиты аллювия. Изв. АН СССР, сер. геолог., № 9, 1961.

Карякин Л. И. Минералогический состав вторичного каолина Новоселицкого месторождения. В кн.: Исследование и использование глин. Львов, 1958.

Квашневская Н. В., Шабловская Е. И. Исследование взвешенных наносов речной сети на содержание рудных элементов. ДАН СССР, т. 151, № 2, 1963.

Кейт М. Л., Дегенс Э. Т. Геохимические индикаторы морских и пресноводных осадков. В кн.: Геохимические исследования, М., 1961.

Киселев П. А. Режим грунтовых вод в Припятском Полесье в районе среднего течения р. Птичи. Труды ИГН АН БССР, вып. 3, Минск, 1961.

Ковда В. А., Василевская В. Д., Самойлова Е. М., Якушевская И. В. Дифференциация продуктов выветривания и почвообразования на Русской равнине. В кн.: Геохимия ландшафта, вып. 1—2, М., 1968.

Кондюкова А. Х. Содержание микроэлементов в пойменных почвах. ДАН БССР, т. X, № 4, 1966.

Коновалов Г. С. Микроэлементы в главнейших реках СССР. ДАН СССР, т. 130, № 3, 1959.

Коптев А. И. К литологии нижеантропогенных отложений Белоруссии. Материалы по антропогену Белоруссии. Минск, 1961.

Коржув С. С. Палеогеография и развитие рельефа Припятского Полесья, М., 1951.

Коржув С. С. Рельеф Припятского Полесья. Структурные особенности и основные черты развития. М., 1960.

Костерин А. В. Применение геохимических методов при шлиховых поисках. Разведка и охрана недр, № 3, 1965.

Краускопф К. Осадочные месторождения редких металлов. В кн.: Проблемы рудных месторождений редких металлов. М., 1959.

Крашенинникова О. В., Слензак И. Е. Неоген Днепровско-Донецкой впадины. Киев, 1951.

Кропачев А. М. Элементы-примеси в четвертичных глинах Зап. Приуралья. В кн.: Исследование и использование глин. Львов, 1958.

Кротов Б. П. О месторождениях вивианита и о характере включающих его глин в Казанском крае. Записки минералогического об-ва, сер. 2, т. 53, М., 1924.

Крутоус Э. А., Кузнецов В. А., Мандер Е. П. Новые данные о строении и карбологической характеристике аллювиальных отложений Верхнего Днепра. ДАН БССР, т. XIV, № 7, 1970.

Кузнецов В. А. Особенности геохимической дифференциации аллювия в зависимости от развития речных долин. Материалы к совещанию по геохимии гипергенеза. Минск, 1964а.

Кузнецов В. А. О механической дифференциации аллювия бассейна р. Припять. Изв. АН БССР, сер. физ.-техн. наук, № 2, 1964б.

Кузнецов В. А. Принципы геохимического районирования территории распространения аллювиальных отложений. Материалы I конференции молодых геологов Белоруссии. Минск, 1965а.

Кузнецов В. А. Литолого-геохимическая характеристика аллювия бассейна Припяти. Автореферат канд. диссертации. Минск, 1965б.

Кузнецов В. А. К изучению геохимической роли аллювиальных процессов в современном выветривании на территории Белорусского Полесья. Изв. АН БССР, сер. хим. наук, № 3, 1966.

Кузнецов В. А. Геохимические процессы миграции элементов и минералообразования в современном аллювии. Материалы симпозиума по геохимии гипергенеза и корам выветривания. Минск, 1969а.

Кузнецов В. А. Аллювиальные отложения. В кн.: Геохимические провинции покровных отложений БССР. Минск, 1969б.

Кузнецов В. А., Мандер Е. П. Новые данные о строении и особенностях формирования аллювиальных отложений II надпойменной террасы Верхнего Днепра. ДАН БССР, т. XIV, № 4, 1970.

Кузнецов В. А., Мандер Е. П., Шиманович С. Л. О строении и условиях залегания нижеантропогенного аллювия Пра-Днепра у д. Дворец Речицкого района. ДАН БССР, т. XV, № 2, 1972.

Кузнецов В. А., Шиманович С. Л. К методике геохимического районирования покровных отложений территории БССР. Материалы III научной конференции молодых геологов Белоруссии. Минск, 1969.

Лаврушин Ю. А. Типы четвертичного аллювия нижнего Енисея. М., 1961.

Лаврушин Ю. А. Аллювий равнинных рек субарктического пояса и перигляциальных областей материковых оледенений. М., 1963.

Лазаренко А. А. Распределение малых элементов в осадках Днепра, Припяти, Десны и Оки. ДАН СССР, т. 147, № 5, 1962.

Лазаренко А. А. Литология аллювия равнинных рек гумидной зоны. М., 1964.

Ламакин В. В. О динамической классификации речных отложений. Землеведение, III (XLIII). М., 1960.

Левков Э. А. О некоторых особенностях гранулометрического состава антропогенных песчаных отложений БССР. Изв. АН БССР, сер. физ.-техн. наук, № 4, 1962.

Левков Э. А., Манькин С. С. Основные особенности литологического состава верхнеолигоценовых и неогеновых отложений Белоруссии. В кн.: Литология, геохимия и полезные ископаемые Белоруссии и Прибалтики. Минск, 1970.

Лисняк В. Ф., Ясинская А. А., Тымчишин Я. Д. Виванит западных областей УССР. В кн.: Вопросы минералогии осадочных образований, вып. 6. Львов, 1961.

Личков Б. Л. О полосах полесий и происхождении рельефа Русской равнины. Изв. АН СССР, сер. географ. и геофиз., т. 8, № 1, 1944.

Лопатин Г. В. Наносы рек СССР. М., 1952.

Лукашев В. К. Палеогеологические условия образования дюнно-песчаных отложений Белорусского Полесья. Автореферат канд. диссертации. Минск, 1963.

Лукашев В. К. Геохимия четвертичного литогенеза. Минск, 1970.

Лукашев В. К., Симуткина Т. М. Химический состав солянокислых вытяжек из четвертичных глин разного генезиса. Материалы симпозиума по изучению и использованию глин Белоруссии. Минск, 1968.

Лукашев К. И. Основы литологии и геохимии коры выветривания. Минск, 1958.

Лукашев К. И. Очерки по геохимии гипергенеза. Минск, 1963.

Лукашев К. И., Вознячук Л. Н. Межледниковые комплексы четвертичной толщи Белоруссии. ДАН БССР, т. XII, № 6, 1968.

Лукашев К. И., Добровольская И. А., Лукашев В. К. Образование лессовых пород на территории Белоруссии. В кн.: Современный и четвертичный континентальный литогенез. М., 1966.

Лукашев К. И., Добровольская И. А., Кузнецов В. А. О распространении микроэлементов в поглощенном комплексе аллювиальных отложений верхнего Днепра. ДАН СССР, т. 204, № 4—6, 1972.

Лукашев К. И., Жуховицкая А. Л., Замяткина А. А. Некоторые особенности формирования химического состава вод рек Полесской низменности БССР. ДАН БССР, т. VII, № 7, 1963.

Лукашев К. И., Кузнецов В. А. О распространении элементов группы железа в песчаных отложениях юго-востока БССР. ДАН БССР, т. VI, № 9, 1962.

Лукашев К. И., Кузнецов В. А., Лукашев В. К. Геохимические типы коры выветривания Белорусского Полесья. ДАН БССР, т. VIII, № 7, 1964.

Лукашев К. И., Кузнецов В. А. К палеогеохимическому изучению аллювиальных отложений бассейна Припяти. ДАН БССР, т. X, № 8, 1966.

Лукашев К. И., Кузнецов В. А. Особенности формирования состава современных аллювиальных отложений рек БССР. ДАН БССР, т. XI, № 3, 1967.

Лукашев К. И., Кузнецов В. А. Распределение аморфных окислов железа, алюминия и кремния в современных отложениях рек бассейнов Днепра, Немана и Зап. Двины. ДАН БССР, т. XII, № 9, 1968а.

Лукашев К. И., Кузнецов В. А. К геохимической характеристике железистых новообразований современных речных отложений Белоруссии. ДАН БССР, т. XII, № 11, 1968б.

Лукашев К. И., Кузнецов В. А., Лукашев В. К. Основные черты геохимического поведения элементов в аллювиальном литогенезе рек Полесского типа. В кн.: Литология, геохимия и полезные ископаемые Белоруссии и Прибалтики. Минск, 1968а.

Лукашев К. И., Кузнецов В. А., Лукашев В. К. Литогео-

химические фации современных аллювиальных отложений бассейна Припяти. ДАН БССР, т. XII, № 4, 1968б.

Лукашев К. И., Кузнецов В. А., Шиманович С. Л. Сравнительная характеристика минералогического состава четвертичных отложений Белорусского Поднепровья. ДАН БССР, т. XII, № 10, 1969.

Лукашев К. И., Малоглавец В. Г., Петухова Н. Н. Микроэлементы в покровных породах и почвах БССР. Изв. АН БССР, сер. сельскохоз. наук, № 3, 1963.

Лукашев К. И., Махнач С. Д. Минералогический состав песчано-алевритовых фракций аллювиальных и флювиогляциальных отложений Полесья. ДАН БССР, т. VII, № 6, 1963.

Лукашев К. И., Шиманович С. Л., Кузнецов В. А. К характеристике фосфатов аллювиальных отложений Верхнего Днепра. ДАН БССР, т. XIV, № 7, 1970.

Лукашев К. И., Шиманович С. Л., Кузнецов В. А. Микроэлементы в минералах четвертичных отложений долины Верхнего Днепра. ДАН БССР, т. XV, № 6, 1971.

Лунев Б. С. Дифференциация осадков в современном аллювии. Пермь, 1967.

Лунев Б. С., Осовецкий Б. М., Сычкин Г. Н. Роль питающих провинций в формировании химического состава аллювия Прикамья. В кн.: Химическая география и гидрохимия, вып. 2(3). Пермь, 1962.

Лупинович И. С. О некоторых закономерностях в распределении микроэлементов в почвах БССР. Почвоведение, № 11, 1965.

Лупинович И. С., Щитников П. И. Об осушении и освоении болот и заболоченных почв Полесской низменности. Труды Института мелиорации, водного и болотного хозяйства АН БССР, т. VI. Минск, 1955.

Македонов А. В. Современные конкреции в осадках и почвах. М., 1966.

Макавеев Н. И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. М., 1955.

Макавеев А. А. Условия формирования и химизм грунтовых вод на территории Припятского Полесья. Советская геология, сб. 56. М., 1956.

Макавеев А. А. Геологическая история Припятского Полесья в четвертичный период. В кн.: Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии. М., 1961.

Максимович Т. А. Химическая география вод суши. М., 1955.

Малюга Д. П. К вопросу о корреляции пермских пестроцветов по содержанию в них кобальта, никеля, меди и других элементов группы железа. ДАН СССР, т. LVIII, № 8, 1947.

Малюга Д. П. Биогеохимический метод поисков рудных месторождений. М., 1963.

Мандер Е. П., Кузнецов В. А., Лукашев В. К., Винокуров В. Ф. Опорный разрез нижнеантропогенных отложений юга Белорусского Поднепровья. ДАН БССР, т. XIV, № 10, 1970.

Мандэр К. П., Кузняцоў У. А. Разрэз дадняпроўскай алювіяльнай тоўшчы ў даліне Дняпра каля Рэчыцы. В кн.: Антрапаген Беларусі. Мінск, 1971.

Манская С. М., Дроздова Т. В. Геохимия органического вещества. М., 1964.

Манькин С. С. Стратиграфия третичных отложений Белоруссии. М., 1959.

Манькин С. С. Пыльца верхнеплиоценовых и неогеновых отложений и ее стратиграфическое значение. В кн.: Палеонтология и стратиграфия БССР, сб. V. Минск, 1966.

Матвеев А. В. Особенности литолого-минералогического состава разновозрастных морен в бассейне Березины (Днепровской) и их значение для стратиграфии. Автореферат канд. диссертации. Минск, 1966.

Матвеева Л. И. Озерно-аллювиальные отложения. В кн.: Геохимические провинции покровных отложений БССР. Минск, 1969.

Махлин Е. М. Граниты и родственные им породы района Глушкович. Изв. АН БССР, № 3, 1952.

Махнач А. С. Древнепалеозойские отложения Белоруссии. Минск, 1958.

Махнач А. С., Веретенников Н. В. Вулканогенная формация верхнего протерозоя (венда) Белоруссии. Минск, 1970.

Махнач А. С., Корзун В. П., Курочка В. П., Лапуть В. А., Урьев И. И., Шевченко Т. А. Литология и геохимия девонских отложений Припятского прогиба в связи с их нефтеносностью. Минск, 1966.

Махнач Н. А. Стратиграфическое значение растительности раннего и начала среднего антропогена Белоруссии. Материалы по антропогену Белоруссии. Минск, 1961.

Махнач Н. А. Этапы развития растительности Белоруссии в антропогене. Минск, 1971.

Махнач Н. А., Кузнецов В. А., Мандер Е. П. Материалы к характеристике межледниковых отложений у г. Шклова. ДАН БССР, т. XIV, № 5, 1970.

Махнач Н. А., Левков Э. А., Гурский Б. Н., Линник И. А., Пасюкевич В. И., Матвеева А. В., Мандер Е. П. Схема стратиграфического расчленения четвертичных (антропогеновых) отложений Белоруссии. ДАН БССР, т. XIV, № 1, 1970.

Махнач Н. А., Мандер Е. П., Кузнецов В. А. Новые данные о возрасте аллювиальных отложений близ д. Малая Александрия Шкловского района. ДАН БССР, т. XII, № 10, 1969.

Махнач Н. А., Манькин С. С., Мандер Е. П. Доминдельская флора д. Дворец на Днепре. ДАН БССР, т. XIII, № 12, 1970.

Махнач Н. А., Цапенко М. М. Новые данные о межледниковых отложениях в верховьях р. Березины (Днепровской). В кн.: Палеонтология и стратиграфия БССР, № 5. Минск, 1969.

Мирчинк Г. Ф. О соотношении речных террас и стоянок палеолитического человека в бассейне рек Десны и Сожа. Бюлл. Моск. об-ва испытателей природы, отд. геол., нов. сер., т. 37, 1929.

Мирчинк Г. Ф. Современный аллювий равнинных рек и его геологическая история. Бюлл. Комиссии по изучению четвертичного периода. № 11. М., 1948.

Мишагова Э. Д., Левков Э. А. Минералого-петрографический состав песчано-галечных отложений Белоруссии и вторичные процессы в них. Бюлл. научно-технической информации, Сер. Изучение вещественного состава минерального сырья, № 2, М., 1966.

Мойский Ю. Э. Очерк по стратиграфии лессов в Польше. Бюлл. Комиссии по изучению четвертичного периода, № 33, М., 1967.

Морозов С. С. Изменение химического состава, физических и физико-химических свойств магматических горных пород и минералов при взаимодействии с водными растворами. В кн.: Растворение и выщелачивание горных пород. М., 1957.

Морозов Н. П. К геохимии щелочных элементов в речном стоке. Геохимия, № 6, 1969.

Москвитин А. И. Погребенный торфяник в отложениях нижней надпойменной террасы р. Друти у г. Рогачева. Бюлл. информ. бюро АИЧПЕ, 3—4. Л.—М., 1932.

Москвитин А. И. Стратиграфическая схема четвертичного периода в СССР. Изв. АН СССР, сер. геол., № 3, 1954.

Мотуз В. М. Некоторые особенности строения и вещественного состава аллювия разновозрастных террас долины Днепра в пределах БССР. В кн.: Вопросы геологии антропогена, вып. 2, М., 1969.

Мотуз В. М., Махнач Н. А. Новый разрез муравинских (микулинских) межледниковых отложений у д. Борхов Речицкого р-на Гомельской обл. БССР. В кн.: Вопросы геологии антропогена, вып. 2, М., 1969.

Мотуз В. М., Кузняцоў У. А., Мандэр К. П. Прэснаводныя малюскі з адкладанняў сярэдняга галацэну раёна д. Страдубка Гомельскай вобласці. Весці АН БССР, сер. біялаг., № 5, 1970.

Назаренко Д. П. Неоген-антропогеновая аллювиальная формация Днепровско-Донецкой впадины и ее полезные ископаемые. В кн.: Процессы развития земной коры и полезные ископаемые Днепровско-Донецкой впадины. Киев—Полтава, 1968.

Нахшина Е. П. Гидрохимический режим рек бассейна Верхнего Днепра. Автореферат канд. диссертации. Новочеркасск, 1966.

Николаев Н. И. Генетические типы новейших континентальных отложений. Бюлл. Моск. об-ва испытателей природы, отд. геол., т. 21, вып. 4, 1946.

Николаев Н. И. О строении поймы и аллювиальных отложений. В кн.: Вопросы теоретич. и прикладной геологии, вып. 2, М., 1947.

Никольская В. В. Форма распространения железа в долинах рек бассейна Амура. ДАН СССР, т. 150, № 6, 1963.

Оглезнев А. К. Новообразования тяжелых гидроморфных дерново-подзолистых почв и их значение для диагностики. Почвоведение, № 3, 1968.

Пап А. М. Магматические и метаморфические комплексы докембрия БССР. Минск, 1962.

Парфенова Н. И. Некоторые данные об инженерно-геологических особенностях аллювиальных глинистых отложений. Труды ИГН АН БССР, вып. 1, Минск, 1960.

Парфенова Н. И. Особенности фациального строения аллювиаль-

ных отложений долины р. Припяти. В кн.: Геология и гидрогеология Припятского прогиба. Минск, 1963.

Печуров А. Ф. Твердый сток рек Полесья. В кн.: Сб. научн. работ Ин-та мелиорации, водного и болотного хозяйства АН БССР, т. I. Минск, 1951.

Поликарпочкин В. В. Геохимические поиски рудных месторождений по потокам рассеяния. Сов. геология, № 4, 1962.

Полюнов Б. Б. Кора выветривания, т. I. М., 1934.

Пономарев Е. А. Поиски рудных месторождений по потокам рассеивания на Салаирском кряже. Бюлл. научно-технической информации № 1 (35). М., 1962.

Пузанов Л. Т., Лободенко В. Г. О древнечетвертичном (березинском) оледенении в восточной части Белоруссии. В кн.: Нижний плейстоцен ледниковых районов Русской равнины. М., 1967.

Пустовалов Л. В. О терригенно-минералогических фациях. Бюлл. Моск. об-ва испытателей природы, отд. геол., т. XXII, вып. 5, 1947.

Пчелинцев А. М. О перемещении органо-минеральных частиц в промерзающих глинистых породах. В кн.: Физ.-хим. процессы в промерзающих и мерзлых горных породах. М., 1967.

Ракоўскі В. Е., Позняк В. С., Ратнер А. Г., Чайкова В. Д. Кампанентны састаў тарфоў Беларускай ССР. Весці АН БССР, сер. фіз.-тэхн. навук, № 3, 1956.

Рентгартен Н. В. Минералы титана в угленосных осадочных породах. Труды ГИН АН СССР, вып. 5, М., 1956.

Роговой П. П., Янович И. Л. Поймы рек Днепра, Сожа и Припяти и их хозяйственное использование. Минск, 1957.

Рожков И. С. Размещение древних ископаемых россыпей и факторы, контролирующие их образование. В кн.: Закономерности размещения полезных ископаемых, т. III. М., 1960.

Ронов А. Б., Михайловская М. С., Солодков И. И. Эволюция химического и минералогического состава песчаных пород. В кн.: Химия земной коры, т. I. М., 1963.

Ронов А. Б., Хлебникова З. В. Химический состав важнейших генетических типов глин. Геохимия, № 6, 1957.

Рухин Л. Б. Некоторые особенности минералогического состава современного аллювия. Научн. бюлл. ЛГУ, № 19, 1947.

Рухин Л. Б. Проблема образования древних аллювиальных отложений. Вопросы седиментологии. М., 1960.

Ряпина В. Е. О некоторых закономерностях распределения терригенных минералов в различных фациях современного аллювия р. Волги. Бюлл. Моск. об-ва испытателей природы, отд. геол., т. 36, вып. 1, 1961.

Сафронов Н. И., Поликарпочкин В. В., Трушков Ю. Н. Комплексные методы поисков месторождений золота. Сов. геология, № 4, 1960.

Сачок Г. И. Геолого-статистический анализ и литолого-геохимическое районирование месторождений четвертичных глин БССР. Автореферат канд. диссертации. Минск, 1970.

Скворцов А. Ф. О составе речных наносов. Изв. АН ГрузССР, т. XI, № 9, 1950.

Соловкин А. Н. Железные руды. В кн.: Успехи в изучении главнейших осадочных полезных ископаемых. М., 1967.

Соловьев А. П., Кунин Н. Я. Металлометрическая съемка по потокам рассеивания в горных районах. Сов. геология, № 5, 1960.

Справочное руководство по петрографии осадочных пород, т. I, II. Под редакцией Л. Б. Рухина. Л., 1958.

Стецко В. В. Антропогенные отложения Белорусского Полесья и приуроченные к ним полезные ископаемые. Материалы I научной конференции молодых геологов Белоруссии. Минск, 1965.

Страхов Н. М. Образование осадков в современных водоемах. М., 1954.

Страхов Н. М. Типы распределения рассеянных содержаний элементов в отложениях гумидных зон. Геохимия, № 6, 1956.

Страхов Н. М. О фациальных соотношениях между рассеянными содержаниями элементов и их рудными накоплениями в отложениях гумидных зон. Записки Всесоюзного минералогического об-ва, ч. 86, вып. 2, 1957.

Судакова Н. Г. Особенности минералогических ассоциаций четвертичного аллювия. Автореферат канд. диссертации. М., 1965.

Суздальский О. В. Фациальное значение минерального состава терригенного материала. Уч. записки НИИ геол. Арктики, вып. 14. Л., 1969.

Тагеева Н. В., Тихомирова М. М. Геохимия поровых вод при диагенезе морских осадков. М., 1962.

Теодорович Г. И. Осадочные геохимические фации. Бюлл. Моск. об-ва испытателей природы, т. 22, вып. 1, 1947.

Трофимов В. С. Генетические типы россыпей и закономерности их размещения. В кн.: Закономерности размещения полезных ископаемых, т. IV. М., 1960.

Трофимов В. С. Основные закономерности размещения и образования четвертичных россыпей полезных ископаемых. В кн.: Вопросы геологии антропогена. М., 1961.

Тутковский П. А. Геологический очерк Минской губернии, ч. I. Киев, 1915; ч. II. Витебск, 1916.

Тутковский П. А. Отложения реки Уборти. Киев, 1925.

Удодов П. А., Парилов П. М. О некоторых закономерностях миграции металлов в природных водах. Геохимия, № 8, 1961.

Формозова Л. Н., Яницкий А. Л. О характерных особенностях оолитовых железняков речной фации. ДАН СССР, т. 95, № 3, 1954.

Фридлянд В. М., Цюрупа И. Г. Влияние железистых пленок на обменную особенность минералов. ДАН СССР, т. 168, № 3, 1966.

Цапенко М. М., Мандер Е. П. Геологическое строение антропогенных отложений и история формирования долины Днепра на территории Белорусской ССР. Бюлл. Комиссии по изучению четвертичного периода, № 35. М., 1968.

Цапенка М. М., Мандэр К. П. Да характарыстыкі сучаснай па-

верхні даантрапагенавых парод Беларусі. В кн.: Антрапаген Беларусі. Мінск, 1971.

Цапенко М. М., Махнач Н. А. Антропогенные отложения Белоруссии. Минск, 1959.

Цапенко М. М., Махнач Н. А. К стратиграфии антропогенной толщи в долине Березины. В кн.: Палеонтология и стратиграфия БССР, вып. 5. Минск, 1966.

Чаркина А. Ф. Глинистые породы в Днепровско-Донецкой впадине. В кн.: Исследование и использование глин. Львов, 1958.

Шанцер Е. В. Аллювий равнинных рек умеренного пояса и его значение для познания закономерностей строения и формирования аллювиальных свит. Труды ГИН АН СССР, серия геол., вып. 135. М., 1951.

Шанцер Е. В. Типы аллювиальных отложений. В кн.: Вопросы геологии антропогена. М., 1961.

Щербина В. Н., Зайцева Н. В. О вещественном составе тугоплавких глин Столинского района БССР. ДАН БССР, т. IX, № 2, 1965.

Яницкий А. Л. Об условиях образования железо-никелевых руд Серовского месторождения на Сев. Урале. В кн.: Кора выветривания на серпентинитовых массивах, вып. 9. М., 1965.

Ярилова Е. А., Парфенова Е. И. Новообразованные минералы глин в почвах. Почвоведение, № 9, 1957.

Adams T. D., Haynes J. R., Walker C. T. Boron in Holocene illites of the Dovey Estuary, Wales and its Relationship to paleosalinity in cyclothems. *Sedimentology*, No. 4, 1965.

Allen J. R. L. Studies in the fluvial sedimentation: six cyclothems from the lower old Red Sandstone, Anglowselsh basin. *Sedimentology*, No. 3, 1964.

Allen J. R. L. Fining-upwards cycles in alluvial successions. *Geol. Journ.*, v. 4, pt. 2, 1965.

Beyschlag F., Krusch P., Vogt J. H. L. Lagerstätten der nutzbaren Minerale und Gesteine, v. 2, XXX, 1921.

Boyle R. W. Elemental associations in mineral deposits and indicator elements of interest in geochemical prospecting. *Geological Survey of Canada Paper*, 68—58, 1969.

Boyle R. W., Shafiqullah M. Minor and trace elements distribution in the heavy minerals of the rivers and streams of the Bathurst-Jacquet river district. *Geological Survey of Canada Paper*, 64—65, 1968.

Clarke F. W. The data of geochemistry. *US Geological Survey Bulletin*, 770, 1924.

Cooper J. A., Webb J. S. Copper in stream sediments near disseminated Copper mineralization, Cebu. Philippine Republic. *Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy*, v. 72, 1962—1963.

Cyril S. Fox. The geology of the water supply London. The technical press LTD, 1949.

Degens E. T., Williams E. G., Keith M. L. Environmental studies of Carboniferous sediments, part 1. Geochemical criteria for differentiation marine from fresh water shales. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, v. 41, No. 11, 1957.

Dennen W. H. Trace elements in quartz as indicators of provenance. *Geological Society of America Bulletin*, v. 78, 1967.

Donner J. J. The Quaternary of Finland. *The Quaternary*, v. 1. Interscience publishers. New York—London—Sydney, 1965.

Fitch F. H. Copper deposits in the Saadakan area and parts of the Kinabatangan and Labuk Valleys. N. Borneo Memoir 9 of Geological Survey Department. British Territories in Borneo, 1958.

Garret R. G., Nichol I. Regional geochemical reconnaissance in eastern Sierra Leone. *Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy*, v. 76, 1967.

Gorham E. Factors influencing supply of major ions to inland waters with special reference to the atmosphere. *Geological Society of America Bulletin*, v. 72, 1961.

Gorham E., Swain D. J. The influence of oxidizing and reducing conditions upon the distribution of some elements in lake sediments. *Limnology and Oceanography*, v. 10, 1965.

Hansen Sigurd. The Quaternary of Denmark. *The Quaternary*, v. 1. Interscience publishers. New York—London—Sydney, 1965.

Hawkes H. E., Bloom H., Ruddell J. S. and Webb J. S. Geochemical reconnaissance in eastern Canada. *Congreso Geologico Internacional XX session. Simposium de Exploracion Geologica. Mexico*, 1960.

Hosking K. F. G. Some aspects of the stability of sulphides and other normally unstable minerals of economic importance in the lodes boulders and pebbles of the Cornish Beaches. *The Camborne School of Mines Magazine*, v. 60, 1960.

Hosking K. F. G., Davies W., Ong P. A Reconnaissance survey of the distribution of antimony and certain related metals in North Cornwall. *The Camborne School of Mines Magazine*, v. 63, 1963.

Hosking K. F. G., Hosking J. H., Thomas G. B., Usman Ahmed, Pisarski J. B. The distribution of tin, zinc, beryllium and phosphorus in the stream sediments of Land's End Peninsula, Cornwall. *The Camborne School of Mines Magazine*, v. 64, 1964.

Hosking K. F. G., Naik S. M., Burn R. G., Ong P. A study of the distribution of Sn, As, Cu in the sediments and of the total heavy-metals in the water of the Menalhyll River, Mid-Cornwall. *The Camborne School of Mines Magazine*, v. 62, 1962.

Hosking K. F. G., Obial R. Preliminary Study of the Distribution of certain Metals of Economic Interest in the Sediments and Waters of the Carric Roads (West Cornwall). *The Camborne School of Mines Magazine*, v. 66, 1966.

Hotz P. E. Limonite deposits near Scappoose Columbia County Oregon. *US Geological Survey Bulletin*, 982-c, 1953.

Howe W. B., Heim G. E. The Ferrelview Formation (Pleistocene) of Missouri. Report of investigation. *Missouri Geological Survey and Water Resources*, No. 42, 1968.

Iijima Azuma. The chromium distribution in the Quaternary depo-

sits of Hokkaido and its application to paleogeographical study. *Sedimentology*, No. 3 (2), 1964.

Johns W. D., Grim R. E. Clay mineral composition of recent sediments from Mississippi river delta. *Journ. Sediment. Petrol.*, v. 28, No. 2, 1958.

Kerr R. F. Hydrothermal alternation and weathering. *Geolog. Soc. Amer. Spec. Paper*, 62, 1955.

Kharkar D. P., Turekian K. K., Bertine K. K. Stream supply of dissolved silver, molybdenum, antimony, selenium, chromium, cobalt, rubidium and cesium to the oceans. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, v. 32, No. 3, 1968.

Landergrén S. On the geochemistry of Swedish iron ores and associated rocks. *Sverges geol. Undersökning Arsbok* 42, No. 5, 1948.

Lee J. Y., Olinze S. K. Distribution patterns of certain elements in the stream sediments of the St. Austell granite mass, Cornwall. Thesis for diploma. Camborne School of Mining, 1965.

Li Ping-tan. Stream sediment prospecting for copper deposits in the southern Appalachians. *Proceedings of the Geological Society of China*, No. 10, 1967.

Livingstone D. A. Chemical composition of rivers and lakes. *Data of Geochemistry*. 6 Edition. Chapter G. US Geological Survey Professional Paper, 440, 1963.

Lucius M. *Beitrag zur Geologie von Luxemburg, Band IV. Die Luxemburger Minnette formation und die jungeren Eisenerz bildungen Luxemburg service carte geol.*, 1945.

Mac S. Stalker. Quaternary stratigraphy in Southern Alberta. *Geological Survey of Canada Paper*, 62—34, 1963.

Mac Crone Alistair W., Koch Robert C. Natural and experimental sodium uptake in Hudson River sediments. Kingstone to Manhattan. *New York. Journ. Sediment. Petrol.*, v. 38, No. 2, 1968.

Mertie J. B. Zirconium and Hafnium in the Southeastern atlantic States. *US Geological Survey Bulletin*, 1082-A, 1958.

Mitchell D. C., Migenyi Y. H. K. The significance of the distribution patterns of certain elements in the stream sediments of the Land's End Granite Mass, Cornwall. Thesis for diploma. Camborne School of Mining, 1965.

Moore R. Bottom sediments studies. Buzzards Bay. Massachusetts. *Journ. Sediment. Petrol.*, No. 33, 1963.

Okamoto G., Okura T., Goto K. Properties of silica in water. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, v. 21, 1957.

Pettijohn F. J. Chemical composition of Sandstone-excluding carbonate and Volcanic Sands. *Data of Geochemistry*. 6 Edition. Chapter S. US Geological Survey Professional Paper, 440, 1963.

Philip George. Mineralogy of recent Sediments of Tigris and Euphrates rivers and some of the older detrital deposits. *Journ. Sediment. Petrol.*, No. 1, 1959.

Potter P. E., Shimp N. F., Witters J. Trace elements in marine and fresh water argillaceous sediments. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, v. 27, No. 6, 1963.

Quinn J. H. Paired river terraces and pleistocene glaciation. *Journ. of Geol.*, v. 65, No. 2, 1957.

Rankama K., Sahama Th. *Geochemistry*. Univ. Chicago Press, 1950.

Rao M. N., Sastry C. A. Studies on the nature of clays and clay minerals affecting coagulation of turbid waters. *Journ. Inst. Engrs. (India)*, v. 49, No. 10, 1969.

Reed E. C., Dreeszen V. H., Bayne C. K., Shultz C. B. The

Pleistocene in Nebraska and Northern Kansas. The Quaternary of United States. Princeton, New Jersey, 1965.

Różyccki S. Z. Sub-stages of the Great interglacial stage. Prace o Pleistocenu Polski Środkowej. Warszawa, 1961a.

Różyccki S. Z. Guide-book of Excursion from Baltic to the Tatras, part 11, v. 1. INQUA VI-th Congress. Warsaw, 1961b.

Ruszczynska-Szenaj H. Stratygrafia Plejstocenu i paleogeomorfologia Rejonu Dolnej Pilicy. Studia Geologica Polonica, v. XXII. Warszawa, 1966.

Salmi M. Imbrastones in glacial clay of Violen Koski. Bull. Comis. geol. Finlande, No. 186, 1959.

Seaber P. R. Variations in chemical character of water in English town Formation. New Jersey. US Geological Survey Professional Paper, 498-B, 1965.

Shimp N. F., Witters J., Potter P. E., Schelecher J. A. Distinguishing marine and freshwater muds. Journ. of Geol., v. 77, No. 5, 1969.

Shiraki Keiichi. Some aspects of the geochemistry of chromium. Journ. of Earth Sciences. Nagoya University, v. 14, No. 1, 1966.

Smith A. Y. Heavy-metal (Zn, Pb, Cu) content of stream sediments of part of Westmorland country, New Brunswick. Geological Survey of Canada Paper, 59-12, 1960.

Smith P. S. Fineness of gold from Alaska placers. US Geological Survey Bulletin, 910-C, 1941.

Straszewska K. Stratigrafia Pleistocenu i paleogeomorfologia Rejonu Dolnego Bugu. Studia Geologica Polonica, v. XXIII. Warszawa, 1968.

Swain F. M. Geochemistry of Humus. Organic geochemistry. Monograph No. 16, Earth science series. Oxford, London, New York, Paris, 1963.

Swain F. M. Geochemistry of some Quaternary Lake Sediments of N. America. The Quaternary of the United States. Princeton, New Jersey, 1965.

Taggart M. S., Kaiser A. D. Clay mineralogy of Mississippi River deltaic sediments. Geological Society of America Bulletin, v. 71, 1960.

Theobald P. K., Overstreet Jr. W. C., Thompson C. E. Minor elements in alluvial magnetite from the Inner Piedmont belt North and South Carolina. US Geological Survey Professional Paper, 554-A, 1967.

Tomlinson M. E. The pleistocene chronology of the Midlands. Proceedings of the Geological Association, v. 74, p. 2, 1963.

Webb J. S., Atkinson W. J. Regional geochemical reconnaissance applied to some agricultural problems in Co Limerick, Eire. Nature, v. 208, No. 5015, 1965.

Webb J. S., Baker M. D., Richard M. Geochemical anomalies in the coastal Environment of Vanua Levu. Fiji Mining Magazine, v. 109, 1963.

Webb J. S., Nichol I., Thornton I. The broadening scope of regional geochemical reconnaissance. XXIII International Geological Congress, v. 6, 1968.

Williams G. E. Torridonian weathering and its bearing on Torridonian paleoclimate and source. Scottish Journ. of Geology, v. IV, p. 2, 1968.

Zeuner F. E. Dating the past. An introduction to Geochemistry, 1952.

## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	7
<b>ГЛАВА I</b>	
<b>Строение аллювиальных свит неоген-четвертичной толщи бассейна Днепра</b>	
Характеристика аллювиальных комплексов осадков и фаций	18
Основные закономерности образования аллювиальных свит и развития речных долин в олигоцен-антропогене	37
<b>ГЛАВА II</b>	
<b>Основные геохимические черты и особенности формирования аллювиальных отложений бассейна Днепра</b>	
Литогеохимическая характеристика аллювиальных отложений	43
Особенности палеогеохимической обстановки образования речных осадков в верхнечетвертичное время	121
Закономерности эволюции состава аллювия в разрезе неоген-четвертичной толщи Поднепровья	125
Геохимическое районирование территории распространения аллювиальных отложений	136
Состав речных осадков как отражение динамических фаз и палеогеографических условий формирования аллювия	140
<b>ГЛАВА III</b>	
<b>Дифференциация химических элементов в аллювиальном литогенезе</b>	
Дифференциация элементов в процессах речного переноса и осадконакопления	147
Дифференциация элементов в зависимости от состава осадков и новообразований	161
Дифференциация элементов в речных отложениях в связи с почвообразованием	186
<b>ГЛАВА IV</b>	
<b>Геохимические условия, процессы и продукты аллювиального литогенеза</b>	
Геохимическая среда аллювиального литогенеза	193
Геохимическая характеристика гипергенного минералообразования в аллювии	207

Литогеохимические фации аллювия	219
Геохимические закономерности палеоген-четвертичного осадкообразования и литофациальные типы аллювиального литогенеза	224
Геохимические критерии палеогеографических и палеогеохимических условий аллювиального литогенеза	227
Специфика литогеохимического состава продуктов аллювиального литогенеза	229
Процессы выветривания и геохимические особенности состава аллювия	244

## *ГЛАВА V*

### **Научные и прикладные аспекты геохимического изучения аллювиального литогенеза**

Геологические и палеогеографические аспекты	255
Прикладные аспекты геохимического изучения аллювия	258
Некоторые методические вопросы изучения аллювия	260
Литература	262

*Владилен Александрович Кузнецов*

**ГЕОХИМИЯ  
АЛЛЮВИАЛЬНОГО ЛИТОГЕНЕЗА**

Издательство «Наука и техника»  
Минск, Ленинский проспект, 68

Редактор  
*Ефросиния Волкинд*

Обложка  
*Владимира Милевского*

Художественный редактор  
*Василий Савченко*

Технический редактор  
*Татьяна Летьен*

Корректоры  
*Зинаида Авербах*  
*Светлана Машиканова*

Печатается по постановлению РИСО АН БССР.  
АТ 02552. Сдано в набор 22/11-73 г. Подписано  
в печать 14/V-73 г. Формат 60×90<sup>1/16</sup>. Бум. тип.  
№ 3. Печ. л. 17,5. Уч.-изд. л. 15,0. Изд. зак. 75.  
Тип. зак. 204. Тираж 1000 экз. Цена 1 р. 63 к.  
Типография им. Франциска (Георгия) Скорины  
издательства «Наука и техника» АН БССР и Гос-  
комитета СМ БССР по делам издательств, поли-  
графии и книжной торговли. Минск, Ленинский  
проспект, 68.

Кузнецов В. А.

К89 Геохимия аллювиального литогенеза. Мн., «Наука и техника», 1973.

280 с. с ил. (АН БССР. Ин-т геохимии и геофизики). 1000 экз.  
1 р. 63 к. В пер.

В работе характеризуются закономерности распространения химических элементов в речных осадках Верхнего Поднепровья в зависимости от литофациальных и палеогеографических условий их формирования, химическая дифференциация аллювия, геохимические обстановки, фации и типы аллювиального литогенеза, специфика состава его продуктов. Большое внимание уделено критериям реконструкции условий образования погребенного аллювия, использованию состава речных осадков для поисков полезных ископаемых, картирования, корреляции осадков и т. д.— Список лит.: с. 262—276.

1 р. 63 к.

1646