



АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛОРУССКОЙ ССР  
ИНСТИТУТ ГЕОХИМИИ И ГЕОФИЗИКИ  
БЕЛОРУССКИЙ КОМИТЕТ ПО МЕЖДУНАРОДНОЙ  
ПРОГРАММЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ КОРРЕЛЯЦИИ

**В. А. КУЗНЕЦОВ**

**ГЕОХИМИЧЕСКИЕ  
КОРРЕЛЯЦИИ  
В РЕЧНЫХ  
ДОЛИНАХ**



МИНСК  
«НАУКА И ТЕХНИКА»  
1984

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Кузнецов В. А. **Геохимические корреляции в речных долинах.** Мн.: Наука и техника, 1984.— 288 с.

Работа посвящена исследованиям, связанным с Международной программой геологической корреляции. Впервые с геохимических позиций всесторонне рассматривается корреляция процессов, обстановок и продуктов аллювиального литогенеза в речных долинах, между долиниными и водосборными территориями, долинно-речными, дельтовыми и прибрежно-морскими условиями седиментогенеза. Обсуждаются приемы внутри-, межрегиональных и глобальных геологических сопоставлений по данным состава речных отложений. Особое внимание уделено прикладным аспектам геохимической корреляции, связанным с геологической съемкой и поисками полезных ископаемых, изучением педогеохимических особенностей территорий и охраной окружающей среды.

Книга предназначена для сотрудников научно-исследовательских и производственных организаций, преподавателей и студентов вузов.

Табл. 68. Ил. 52. Библиогр.— 421 назв.

Редактор

К. И. ЛУКАШЕВ, акад. АН БССР

Рецензенты:

Г. И. Горецкий, акад. АН БССР,  
Л. И. Матручик, канд. геол.-минер. наук

Международная программа геологической корреляции (МПГК), выполнение которой началось с 1973 г. Международным союзом геологических наук и ЮНЕСКО, охватывает важнейшие проблемы наук о Земле. Вначале она имела следующие главные направления: 1) время и стратиграфия; 2) основные геологические события во времени и пространстве и их влияние на процессы окружающей среды; 3) распределение минеральных месторождений во времени и пространстве и связь процессов рудообразования с другими событиями в истории Земли; 4) количественные методы и обработка данных в геологической корреляции. На 21-й сессии Генеральной конференции ЮНЕСКО (Белград, 1980 г.) исследования по МПГК были акцентированы на уточненных направлениях: 1) *методы датировки* как средство анализа эволюции земной коры с целью обеспечения большей точности в корреляции осадочных и кристаллических пород, которые могут содержать минеральные и ископаемые источники энергии; 2) *докембрийский период*, представляющий особый интерес для разведки минеральных ресурсов; 3) *четвертичный период*, отложения которого составляют большую часть обитаемой окружающей человека среды; 4) *источники энергии и минералы*, значение которых повысится благодаря исследованиям в области наук о Земле. МПГК включает свыше 60 проектов, из них в 22 сотрудничают геологи нашей страны.

Автор участвовал в разработке проекта МПГК на межправительственной конференции экспертов в Париже в 1971 г., а также в работе 21-й сессии Генеральной конференции ЮНЕСКО, на которой белорусской делегацией был внесен ряд предложений по усилению геохимических аспектов МПГК и программы «Человек и биосфера». На протяжении ряда лет он проводит исследования, связанные с разработкой геохимических приемов корреляции.

Речные отложения и долины представляют с точки зрения корреляции исключительный объект исследований: 1) они являются важной составной частью континентальных образований и несут в себе информацию о строении, процессах и продуктах выветривания в бассейнах эрозии, составляют одно из звеньев цепи породы водоразделов — осадки долин — отложения конечных бассейнов сноса и определяют состав дельтовых, а в ряде случаев и прибрежно-морских отложений; 2) с процессами аллювиального литогенеза свя-

1904020000—016

К—54—84

М316—84

© Издательство «Наука и техника», 1984.

зано формирование месторождений полезных ископаемых; 3) долины бассейна одной и той же реки — важные элементы рельефа часто различных географических зон, а реки имеют унаследованный характер геологического развития, в силу чего отражают в палеогеоморфологических элементах долин и составе отложений аллювиальных формаций многие стороны геологической и географической эволюции земной коры. Аллювий и речные долины — важные объекты не только геологической корреляции в них самих, но изучения и сопоставления многих геологических событий, процессов и горных пород на водосборных территориях, в различных геологических структурах, на суше и в морских акваториях и т. д.

Под геохимической корреляцией вслед за А. Е. Ферсманом (1939) мы понимаем сопоставление горных пород, основанное на методах соотношений содержаний химических элементов и других геохимических признаках. Геохимическая корреляция включает прослеживание маркирующих горизонтов, отдельных частей осадочных толщ и формаций в пределах различных территорий и геологических структур, определение одновозрастности накопления неоднородных по литологическому составу и фациальной принадлежности отложений, выявление взаимосвязи процессов и продуктов выветривания на водосборных территориях и седиментогенеза в речных долинах, на континенте и в морских акваториях, установление палеоклиматических зон и климатической зональности в различные геологические эпохи, определение взаимоотношений геологических, геохимических и других процессов в сопредельных ландшафтах, прослеживание возрастного и территориального положения процессов и продуктов различных эпох рудообразования, взаимосвязей геохимических провинций и т. д. Корреляции могут включать внутриваловые и межваловые, внутриваловые и межваловые, а также глобальные сопоставления.

Развитие теории и методов геохимической корреляции неотъемлемо от решения проблем палеогеографических и палеогеохимических реконструкций. Чем полнее проведена реконструкция условий литогенеза, тем более всесторонней и обоснованной может быть геологическая корреляция.

При геолого-поисковых и разведочных работах геохимические корреляции в конечном итоге направлены на выяснение процессов и условий формирования месторождений, уточнение поисковых геохимических критериев и определение путей миграции химических элементов в ряду коренное месторождение — кора выветривания — речные осадки — аллювиальные и другие генетические типы осадочных месторождений и сопровождающих их ореолов и потоков рассеяния, картирование горизонтов, толщ и формаций, выявление новых месторождений.

В данной работе рассматриваются предпосылки, принципы и методы геохимической корреляции, сопоставление условий и состава продуктов аллювиального литогенеза, корреляция процессов и продуктов различных типов континентального и морского осадко-накопления по данным изучения речных отложений, приводится

сопоставление информативности геохимических и других методов корреляции.

Новым в изучении аллювиального литогенеза, освещаемым в данной работе, являются систематизация геохимических материалов для решения вопросов корреляции в речных долинах; сопоставление геохимических и других методов корреляции; попытка подойти к решению некоторых внутри- и межрегиональных проблем корреляции на основе геохимических данных состава речных отложений; разработка новых приемов геохимической корреляции и их применение к решению конкретных геохимических и геологических задач изучения земной коры.

Монография представляет собой продолжение разработок автора по геохимии аллювиального литогенеза, изложенных в работах «Геохимия аллювиального литогенеза» (1973), «Геохимические поиски полезных ископаемых в речных долинах» (1976), «Аллювиальные комплексы отложений земной коры Белоруссии и их металлоносность» (1978) и др.

Не все вопросы геохимической корреляции подняты и решены в работе всесторонне и полно, что связано с недостатком данных и сложностью изучения ряда геологических проблем. Автор надеется, что предлагаемая работа поможет дальнейшим научным поискам и находкам в решении научных проблем Международной программы геологической корреляции и практических задач прогноза и поиска новых месторождений минерального сырья.

Автор выражает глубокую благодарность академикам К. И. Лукашеву и Г. И. Горьцкому за ценные замечания, а также Т. М. Садовской за помощь при подготовке рукописи к печати.

## ПРЕДПОСЫЛКИ И МЕТОДЫ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ КОРРЕЛЯЦИИ

### ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ПРИНЦИПЫ

Термин «корреляция» впервые был введен Ж. Кювье в начале XIX в. Принцип соответствия использовался им для воссоздания облика древних животных и среды их обитания на основе детального изучения костных остатков.

Корреляция (*correlatio* — соотнесение) обозначает в стратиграфии сопоставление слоев горных пород или частей разрезов как близких, так и отдаленных территорий для выяснения геологического возраста этих частей и слоев; в геоморфологии — соотношение форм рельефа, генетически связанных между собой, когда вследствие разрушения одних возникают другие (Геологический словарь, 1960). Такое сопоставление между собой и установление возрастных соотношений отложений может осуществляться прямо или косвенно «без непосредственного прослеживания соответствующих горизонтов» (Методы корреляции..., 1968, с. 10).

Рассматриваемое понятие обозначает также определение эквивалентности в геологическом возрасте и стратиграфическом положении двух формаций или других стратиграфических элементов на различных территориях, определение совпадения во времени событий в геологической истории двух территорий (Dictionary..., 1962).

Под корреляцией понимается процесс сопоставления геологических разрезов, расположенных в различных местах, но характеризующихся одним и тем же временем формирования, т. е. корреляции придается только стратиграфический смысл (Dunbar, Rodgers, 1957).

Некоторые исследователи (Krumbein, Sloss, 1957) расширяют понятие корреляции и вкладывают в него подобие пород в смысле литологии (ассоциации горных пород) или содержания ископаемых остатков (биостратиграфические ассоциации), хотя коррелируемые породы различны по времени образования.

Таким образом, геологическая корреляция в узком смысле является сопоставлением определенных одновозрастных стратиграфических подразделений в пространстве. В широком смысле, как это и предусмотрено Международной программой геологической корреляции, корреляция ставит целью пространственное и временное геологическое сопоставление, охватывающее геологические образования (породы, горизонты, структуры и т. д.), явления (выветривание, седиментогенез, тектогенез, рудогенез и т. п.) и их взаимосвя-

зи друг с другом и космическими процессами; обстановки, процессы и продукты геохимической эволюции земной коры и т. д. В практическом аспекте корреляция направлена на решение задач расширения и комплексного использования минерально-сырьевых ресурсов, улучшения геологической среды и ее прогнозирования в связи с производственной и иной деятельностью человека.

Корреляция основывается на принципах единства, взаимодействия, прямых, обратных и опосредствованных связей геологических процессов, условий и продуктов литогенеза. Она может быть построена на различных методах и признаках — палеонтологических, литологических, фациальных, геохимических, геофизических и др. — и опираться на аналитические данные, сопоставления с моделями, на математические и графические построения и т. д.

По методологии корреляция опирается как на принципы дифференциации, так и интеграции отдельных геологических процессов и продуктов. Системный подход в корреляции позволяет полнее понять сущность, место и значимость коррелируемых процессов и геологических объектов. В основе корреляции лежит не только установление подобия сравниваемых объектов, но и выяснение природных пространственно-временных связей между ними. Критерием истинности корреляции является ее соответствие природным геологическим обстановкам и продуктам, верность реализации геологического прогноза при геолого-поисковых работах, охране окружающей среды и т. д.

«Корреляция геохимическая — одновременные накопление, миграция или рассеяние каких-либо элементов (независимо от причин этой закономерности)» (Ферсман, 1953, с. 750). Под геохимической корреляцией, таким образом, понимается сопоставление *одновозрастных* горных пород и других геологических объектов, основанное на методах соотношений содержания химических элементов и других геохимических показателей. Упор на сопоставление одновозрастных пород, как представляется, сужает понятие и методы корреляции.

При проведении геохимической корреляции в конкретной геологической обстановке, в частности в речных долинах и при их сочетаниях с разнообразными геологическими структурами, развитием различных горных пород и наличием неодинаковых геохимических условий аллювиального литогенеза, наиболее важными, на наш взгляд, являются: во-первых, правильная оценка геологической и палеогеографической обстановки речного осадконакопления; во-вторых, опора на общие геохимические закономерности аллювиального литогенеза; в-третьих, выбор наиболее рациональных критериев корреляции; в-четвертых, сопоставление и оценка данных геохимической корреляции и следствий ее выводов с другими методами сопоставлений. Геохимическая корреляция, по существу, является комплексным методом.

При корреляции часто используются данные по опорным разрезам как выразителям наиболее типичных геологических и других признаков, характеризующих условия и процессы литогенеза круп-

ных районов или регионов. Важен учет положения аллювиальных отложений по отношению к событиям и осадкам регионального или глобального характера (отложения межледниковий и оледенений, крупных трансгрессий и регрессий моря, тектонических поднятий и т. д.).

Геохимическая корреляция должна основываться на общности существования геохимических и геологических процессов и их продуктов. Исходя из общего, она должна учитывать и особенное, единичное, геохимическую специфику отдельных разрезов.

### Терминология, связанная с корреляцией

Наиболее употребительные термины:

основные породообразующие элементы — химические элементы, составляющие основу речного осадка и горных пород, подвергнутых речной эрозии на данном участке речной долины;

транзитные элементы — химические элементы, встречаемые в речном осадке, но не связанные с эрозией горных пород на данном участке речной долины;

элементы-индикаторы — показатели процессов, условий и продуктов литогенеза и рудогенеза в речных долинах и их водосборах;

элементы-коррелянты — химические элементы и их ассоциации, на основе которых ведется выделение маркирующих горизонтов либо геохимическое сопоставление;

корреляционные признаки — геологические, литологические, минералогические, геохимические и другие закономерности и особенности строения, состава и формирования горных пород и их сочетаний, указывающие на одновозрастность пород или сходство генетических и других условий их формирования;

корреляционные методы — методы изучения возраста, состава, условий формирования и залегания горных пород, на основе которых ведется сопоставление геологических процессов, обстановок и продуктов литогенеза;

маркирующий горизонт — слой или пласт горных пород, выделяющийся по литологическим признакам, палеонтологическим остаткам, геохимическим особенностям состава либо геофизическим свойствам и т. д., сохраняющимся на больших площадях и имеющим определенное возрастное положение в разрезе, на основе которого ведется сопоставление разрезов;

масштабы корреляции — возрастной интервал пород или пространственная протяженность слоев и пластов, сопоставляемых во времени и пространстве;

объем корреляции — совокупность геологических, литологических, геохимических или других данных и их сочетаний, на основе которых ведется сопоставление;

корреляционное значение — численное выражение какого-либо признака, имеющее высокую достоверность для суждения об аналогии пород и условий их формирования, а также для проведения корреляции;

уровень корреляции — уровень организации геологических тел, горных пород, применяемых при сопоставлении (формационный, погоризонтальный, фациальный, литологический, минералогический, атомарный и т. д.);

степень корреляции — статистические величины, отражающие меру взаимосвязи между сопоставляемыми геологическими объектами и процессами.

Для геохимической корреляции важное значение имеют также представления о кларках, геохимических территориях (геохимические поля, узлы, провинции), геохимических эпохах, геохимических ореолах рассеяния, геохимической спецификации и другие, широко освещаемые в научной литературе.

Необходимо подчеркнуть, что терминология, связанная с геохимической корреляцией, находится на стадии формирования. Четкость понятий и их объемов — непереносимое условие развития геохимической корреляции как одного из методов геохимии. Понятия геохимической корреляции должны учитывать как научные аспекты самой геохимической науки, так и практические стороны применения корреляции для решения геологических задач.

### Принципы корреляции

В основе корреляции лежат закономерности геологических процессов, генезиса и обстановок формирования горных пород, отраженные в особенностях их состава и свойств, парагенетических ассоциаций пород и минералов, условиях залегания и т. д. В методологическом отношении укажем на некоторые основные принципы, важные для понимания последующего материала.

**Принцип взаимосвязи химических и физических процессов, происходящих в земной коре, биосфере и окружающем космическом пространстве.** Он всесторонне обоснован академиком В. И. Вернадским (1965), развивался А. Л. Чижевским (1976) и др. Позволяет решать многие вопросы межрегиональной и глобальной корреляции. В частности, применительно к аллювиальному литогенезу установлены цикличность речного стока в зависимости от периодичности солнечной активности, а цикличность строения аллювиальных толщ — от вариаций солнечной энергии на протяжении антропогена (Дружинин и др., 1966; Максимов, 1972; Кузнецов, 1973), выявлена метеоритная природа оксимагнитных шариков в речных осадках (Сергеенко, 1964) и т. д.

**Принцип актуализма.** Этот принцип, впервые раскрытый М. В. Ломоносовым, основан на том, что геологические процессы прошлого и настоящего имеют много общего. В учении Ч. Лайеля, всесторонне сформулировавшего актуализм как метод, он применяется с позиций униформизма, т. е. без учета поступательного и необратимого развития земной коры. Актуализм как метод весьма полезен для реконструкций и корреляций, однако он должен дополняться диалектическим методом, на что указывал Ф. Энгельс (Диалекти-

ка природы, 1955). Применительно к аллювиальному литогенезу польза принципа отмечалась, с определенными оговорками об изменениях химизма речных вод в течение геологического времени, В. И. Вернадским (1960). На неправомочность использования современных одноруслых рек как моделей древних речных артерий указывал Л. Б. Рухин (1960), об ограниченности метода поровых растворов для реконструкций и корреляции условий долинного и дельтового литогенеза по этим соображениям писали М. В. Кленова и др. (1951). На наш взгляд, механические процессы и условия речного осадконакопления мало изменялись с древних эпох, а геохимические процессы с развитием живого вещества, эволюцией состава атмосферы, гидросферы и биосферы испытывали значительные изменения. В силу этого при геохимической корреляции продуктов, особенно пойменного и старичного накопления, необходимо учитывать эти перемены, отраженные в формах нахождения элементов в речных осадках.

**Принцип осадочной дифференциации вещества.** Всесторонне развитый Н. М. Страховым (1962) принцип является основополагающим для корреляции осадочных отложений, формирующихся в речных долинах и конечных водоемах стока, наиболее эффективен для корреляции внутри- и межрегионального характера. В геохимическом отношении этот принцип базируется на изучении ассоциаций и уровней распределения химических элементов в литологических и фациальных комплексах отложений, на что указывал Н. М. Страхов (1957), а также на учете фациальной принадлежности осадков в связи с закономерностями дифференциации химических элементов и форм их нахождения вниз по долине, при переходах от периферийных к центральным участкам долины и т. д. (Кузнецов, 1973; Лунев, 1967).

**Принцип наследования и развития аллювия в палеопотамологической истории речных долин.** Разрабатываемый в трудах Г. И. Горещкого (1964, 1977, 1980) принцип заключается в применении многих методических приемов корреляции осадков не только в речных долинах, но и с породами водоразделов и морских бассейнов; особенно важен для региональной и межконтинентальной корреляции геологических процессов и их отложений.

**Принцип единства осадков и процессов окружающей среды.** Истоки формирования этого принципа находим в работе М. В. Ломоносова «О слоях земных». Он включает многие подходы для геологической корреляции. Диалектическое единство осадков и геологических процессов окружающей среды определяет динамическое состояние минералого-геохимических систем в речных осадках, характер их переходов в гипергенном минералообразовании, неразрывность рассеяния и концентрации химических элементов в аллювиальном потоке.

**Принцип цикличности (ритмичности) образования земной коры.** Отражает неоднократную закономерную повторяемость слоев определенного состава и их пачек, обусловленную тектоническими, климатическими, космическими и другими факторами. Применяется

при внутриваловых, региональных и глобальных сопоставлениях разрезов и осадочных толщ.

При корреляции учитываются также принципы Н. А. Головкинского о неодновременности различных частей однородных по литологии слоев, А. А. Иностранцева о фациальных сменах осадков при вертикальном напластовании, В. В. Докучаева о климатической зональности педогенеза, К. И. Лукашева о зональности гипергенеза и его продуктов, А. Е. Ферсмана о специфике геохимических территорий и связях со строением и развитием геологических структур и др.

## ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОБСТАНОВКИ РЕЧНОГО СЕДИМЕНТОГЕНЕЗА

Прежде чем перейти к характеристике аллювиального литогенеза, кратко рассмотрим геологические обстановки в речных долинах. К их описанию и оценке существуют различные подходы.

### Общие классификации

Р. С. Чалов (1979) по характеру руслового режима и транспортировки наносов выделяет три типа русел (и их разновидности): горные (порожисто-водопадные, с неразвитыми аллювиальными формами, с развитыми аллювиальными формами), полугорные (с развитыми аллювиальными формами, широкопойменные) и равнинные (широкопойменные и врезанные). Дальнейшее их более детальное деление включает русловые переформирования и морфологию

Таблица 1

Схема фациального расчленения аллювия (Лазаренко, 1964)

Макрофация	Фация	Субфаши и микрофаши
Русловая	Пристречневая	Субфаши плессов. Микрофаши заиленных плессов Перекатов Заиленных русловых отмелей Заиленных боковых протоков
	Русловых отмелей Боковых протоков	
Пойменная	Прирусловых валов Приречной поймы Внутренней поймы	Наложённых прирусловых валов — —
	Старичная	Ранней озерной стадии стариц Зрелой озерной стадии стариц Стадии зарастания стариц То же
Осадки смешанного характера	Центральных частей крупных стариц	
	Небольших стариц и краевых частей крупных стариц	
Осадки смешанного характера	Вторичных водоемов поймы Пойменных болотных почв и торфяников Аллювиально-пролювиальные осадки	— Торфяников, болотных почв —

## Условия формирования аллювия горных рек

Геоморфологическая зона	Неотектонический режим	Уклоны	Морфология долин	Преобладающие типы русел
Ледниковая (троговая)	Наиболее интенсивные поднятия	Малые реки > 0,15 Крупные 0,01—0,05 и более	Корытообразные троговые долины	Многорукавные разветвленные, реже однорукавные прямолинейные
Горная	Устойчивые поднятия	Малые реки 0,15—0,03 Крупные реки 0,03—0,005	Узкие V-образные и более широкие V-образные долины с эрозионными и эрозионно-аккумулятивными террасами	Однорукавные, прямолинейные, реже извилистые многорукавные на отдельных участках
Предгорная	Поднятия, сменявшие опускания начала этапа	Малые реки 0,03—0,01 Крупные реки 0,005—0,001 и менее	Широкие плоскодонные долины с аккумулятивными террасами	Многорукавные, разветвленные, реже однорукавные извилистые или прямолинейные
Подгорно-равнинная	Преобладающие опускания	0,001—0,0001 и менее	Широкие долины с обширными поймами и слабо выраженными террасами	Свободно меандрирующие или многорукавные
Дельтовая	Наиболее интенсивные опускания	Менее 0,0001	Отдельные рукава, протоки и разливы без четко выраженных долин	Многорукавные извилистые

русла — характер его врезов, склоновые процессы, степень меандрирования, вид и особенности разветвления меандр, специфику формирования дельт. По морфологии исследователем характеризуются пять типов поймы: 1) меандрирующих рек (сегменто-гвивистые, ложбинно-островные, озерно-старичные), 2) рек, разветвленных на рукава (ложбинно-островные и проточно-островные поймы и их разновидности), 3) обвалованные, 4) горных рек (скелетные, побочные, проточно-островные, ложбинно-островные), 5) дельтовые (дельты выполнения заливов, проточно-островные; дельты выдвижения в открытое море сегменто-гвивистые, проточно-островные).

С. Дунбар и И. Роджерс (1957) описывают две группы обстановок деятельности речных вод и их разновидности: 1) континентально-аллювиальные (условия подножий гор, промежуточных аллювиальных равнин), ледниковые (флювиальные) и 2) смешанные — морских дельт.

## в различных геоморфологических зонах (Чистяков, 1978)

Поступление обломочного материала	Наиболее часто встречающиеся типы перемычек	Динамическая фаза	Преобладающие фации
Наложение на пойму конусов выноса притоков, солифлюкционных и моренных отложений, богатых мелкоземом	Гляциальные, неотектонические, вулканические	Перстративная и констративная, редко инстративная	Островов, кос, различных протоков, подпруживания, пойменные
Поступление материала со склонов долины и из притоков непосредственно в русло или наложение склоновых и пролювиальных (в том числе селевых) отложений на поверхность террас или пойм	Литологические, структурные, обваловые, селевые, пролювиальные, оползневые, неотектонические, вулканические	Инстративная местами (перед плотинами перемычками), перстративная и констративная	Стрежневая, прибрежная, пловос, перекатов, побочная подпруживания, экранов
Наложение пролювиальных и делювиальных конусов накопления на поверхность низкой и высокой пойм, привнос с верхних частей долин	Структурно-литологические, неотектонические, вулканические	Перстративная, констративная, иногда инстративная	Островов, кос, различных протоков, пойменные, редко подпруживания
Привнос материала с верхних частей долин и за счет размыва берегов и русловых переформирований	Крайне редко неотектонические	Констративная, перстративная	Русловые, пойменные, пойменно-русловые
Привнос материала с верхних частей долин	Не характерны	Констративная	Пойменные, разливы, приливного подпора, русловые

Э. Кросби (1974) характеризует три группы условий и дает их более детальную классификацию: I. Континентальные: а) пролювиальные конусы выноса и равнины, б) русла рек — прирусловые отмели, прирусловые валы, старицы, в) аллювиальные. II. Дельты и дельтовые комплексы: а) типы дельт — в пределах изрезанного берега, в пределах открытого побережья (в форме птичьей лапы, полукруглые, лопастевидные, остроконечные), б) части дельт — субаэральные или низинные (рукавообразные каналы, прирусловые валы, болота и марши, межпротоковые котловины, пляжи), субаквальные или расположенные в море (протоки и продолжение прирусловых валов, устьевые части протоков, авандельты, преддельтовые склоны или склоны дельт, открытый шельф вблизи дельты). III. Лагуна пресноводная (питаемая реками).

С позиций морфологии аллювиальных равнин и долин и соответствующих им отложений И. П. Герасимов и К. К. Марков (1939)

выделяют четыре типа равнин: I. Собственно-аллювиальные равнины: а) террасовые и б) дельтовые. II. Приледниковые (перигляциальные) аллювиальные равнины: а) зандровые аллювиальные, б) водно-ледниковые (флювиогляциальные), в) долинно-зандровые аллювиальные, г) террасы — дельты. III. Подгорные аллювиальные равнины: а) подгорные аллювиальные, б) подгорные пролювиальные. IV. Великие аллювиальные равнины внутриматериковых низменностей.

По геоморфологическим и генетическим условиям аллювиального осадконакопления К. И. Лукашев (1960) различает речные отложения: а) гор и предгорий, б) обширных равнин, в) дельт морских и озерных.

Е. В. Шанцер (1961) выделяет три крупные обстановки накопления аллювия: I. Горных рек. II. Равнинных рек с разновидностями аллювия: а) рек с озерным питанием, б) степных рек, в) овражно-балочного аллювия. III. Перигляциальной области.

Н. И. Николаев (1946) среди континентальных флювиальных отложений обосновывает и характеризует следующие процессы и обстановки литогенеза: I. Аллювиальные с разновидностями горного, равнинного и овражно-балочного накопления. II. Дельтовые с разнотипными обстановками: а) субаквальными и б) субаэральными (пролювиальные отложения конусов, сухих дельт).

С фациальных позиций детально характеризует условия осадконакопления в речных долинах Е. В. Шанцер (1951). Он выделяет три основные обстановки — русловую, пойменную и старичную с их более детальным подразделением. Близкие условия в долинах, с некоторыми вариациями, описываются Г. Ф. Крашенинниковым (1971), А. А. Лазаренко (табл. 1).

Для горного аллювия А. А. Чистяковым выделены группы фаций пойменных, русловых и фаций перемычек (табл. 2). Вопросы классификации условий осадконакопления в речных долинах рассмотрены также в работах Б. Л. Личкова (1942), К. И. Лукашева (1960), Н. И. Маккавеева (1955) и др.

По представлениям автора, обстановки осадконакопления все-сторонне характеризуют следующие литофациальные типы аллювиального литогенеза: I. Гляциоаллювий — с фациями базальной, русловой. II. Перигляциальный — с подтипами: а) зоны краевых морен и б) зоны полей с фациями русловой, пологоводной и размыва. III. Подпрудный — с фациями русловой, подпрудной различной степени проточности вод. IV. Нормально-аллювиальный — с фациями базальной, русловой, пойменной и старичной. V. Дельтовый — с подтипами: а) подводно-морской дельты, б) поверхностной дельты, в) болотно-мангровых равнин, с фациями русловой, пойменной, старичной и болотной; при этом последние три фации свойственны подтипам б) и в). VI. Горный аллювий. В указанных типах литогенеза необходимо также различать обстановки горных, предгорных, равнинных и приустьевых областей.

## Обстановки горных областей

Для них характерны узкие эрозионные долины, нередко типа каньонов, однорукавные русла, накопление крупных глыб, гравия и плохо сортированных песков. Местами отмечается наложение и чередование с аллювием делювиального и пролювиального материала. Развита в основном русловая фация (стрежневая, прибрежная), местами подпрудная. Террасы редки, эрозионные. В геохимическом отношении здесь доминирует литогенная фация.

## Обстановки предгорных областей

Для них типичны аллювиальные (пролювиальные) конусы выноса, системы которых часто формируют зону предгорного склона. В. И. Елисеевым (1978) выделяются следующие фации и зоны: 1) потоковая фация, вершинная зона (соответствующая веерно-обломочной, фангломератовой зоне по Попову, 1950); 2) веерная фация и срединная зона (веерно-лессовая, фаналевритовая, также веерно-мелкозернистая зоны с подзонами лессовой луговой и лессовой заболоченной, гипсоносной); 3) застойноводная фация и красная зона (веерно-застойная или плейсовая зона). По условиям и процессам осадконакопления в конусах выделяют четыре разновидности обстановок: 1) русла — грубозернистый и плохо сортированный материал врезанного в конус русла; 2) водных потоков — отложения гравия, песка, алевролита ветвящимися руслами на поверхности конуса либо инфильтрующиеся в более грубый и пористый материал; 3) разливов — тонкозернистый материал в конечной части конуса; 4) грязекаменных и грязевых потоков — плохо сортированные отложения потоков вязкой консистенции. Указанные обстановки различаются также литологически по характеру слоистости, форме покровов и соотношению частиц максимальной и средней размерности.

Из литологических и геохимических особенностей отложений предгорных областей необходимо отметить высокую степень окисленности осадков, наличие гипса, кальцита и других солей, отсутствие либо малое содержание органического вещества, вертикальную зональность карбонатов инфильтрационного типа, различия по составу микроэлементов и солей отдельных конусов в пределах одной пролювиальной зоны.

Пролювиальные отложения здесь отличаются от собственно-аллювиальных по характеру слоистости, резкой смене литологических разновидностей осадков, постоянству гранулометрического состава в пределах отдельных горизонтов и т. д.

## Обстановки равнинных областей

К характеристике условий аллювиального осадконакопления рассматриваемых областей существуют различные подходы.

Так, с палеогеографических позиций Л. Б. Рухин (1962) выде-

Фациальные условия дельтового осадконакопления (Якушова, Чистяков, 1979)

Аллювиально-дельтовые фаши		Собственно-дельтовые фаши	Авандельтовые фаши
русловые	пойменные		
Ленточных гряд	Прирусловых валов	Основных русел	Речного устьевого бара
Мелких гряд	Разливов	Протоков и рукавов	Смешанного морского и речного бара
Межгрядовых понижений	Стариц	Предустьевых углублений	Устьевого конуса выносов
Плессв	Озер	Приливного подпора Прирусловых валов	Дельтовых заливов
Прирусловых отмелей	Эловых гряд	Островов и кос	Подводных русловых бороздин
Осередков	Пойменных русел	Периодических разливов	Межбороздинных участков
Гидравлического подпора		Проточных озер Застойных озер	Приливных гряд
		Отмерших протоков и рукавов Маршей, береговых валов Эловых гряд	Свала глубин прадельты

ляет ландшафты аллювиально-дельтовых равнин, классифицируя их на два подтипа: равнин зоны влажного (умеренного или жаркого) и зоны чередования сухого и влажного климата. В литологическом отношении им соответствуют ландшафты областей молассообразования (с коллювиальным, подгорно-веерным и равнинно-долинным поясами), углеобразования (с разновидностями равнин у морских побережий, озерно-впадинного и узко-депрессивного характера), накопления красноцветных толщ (с равнинной и межгорной разновидностями). В геохимическом отношении для этих условий характерна высокая химическая дифференциация материала по фашиям, вниз по долине, в разрезе аллювиальной толщи, наличие комплекса литогеохимических фаший.

### Обстановки приустьевых областей

Характеризуются сочетанием собственно аллювиальных и бассейновых (морских или озерных) процессов и факторов литогенеза. Здесь обычно выделяются следующие три типа обстановок: 1) устьевых областей рек близ морского побережья: а) с собственно дельтовой обстановкой и зонами ее континентальной (нижняя часть речной долины, субазральная дельтовая равнина) и морской частей (авандельта, наклонная и глубоководно-морская часть дельты), б) эстуариевая, в) лиманная, г) лагунная; 2) устьевых областей рек близ озерного побережья с собственно дельтовой обстановкой, ее континентальной и озерной частями; 3) сухих дельт.

На характер сочетания этих условий, мощность осадков, литологические и геохимические особенности дельтовых отложений наиболее существенно влияние оказывают аллювиальные и бассейновые процессы, а также тектонический режим региона и климат. Характеристика дельтового осадконакопления приводится в трудах В. И. Попова и др. (1956), Г. Ф. Крашенинникова (1971), Л. Б. Рухина (1962), Е. Ф. Белевич (1961), В. Н. Коротаева, А. Ю. Сидорчук (1974), Ф. Шепарда (Shepard, 1956) и других исследователей.

В частности, В. Н. Коротаев, А. Ю. Сидорчук (1974) выделяют в развитии и формировании дельтовых равнин следующие типы дельты и процессы: I. Дельты выполнения: а) с образованием устьев баров на отмелевом устьевом взморье и цепи береговых баров на внешнем крае мелководья; б) с формированием дельтовых островов, выдвиганием отдельных дельт в море и заполнением бухт между ними; в) с выравниванием морского края полигенетических дельтовых равнин, концентрацией стока в наиболее крупных рукавах по периферии дельты. II. Дельты выполнения: а) с образованием устьевых баров на отмелевом устьевом взморье при втекании главных рукавов в залив; б) с формированием многорукавной дельты и нового устьевого бара в устье рукава, концентрирующего основную долю речного стока с сохранением эстуария; в) с перераспределением большей части водного стока во второй рукав, заполнением залива между первой дельтой и бортом долины новой самостоятельной дельты и выравниванием общего контура дельтовой

равнины. В пределах речной долины широко развита пойменная многорукавность.

А. Ф. Якушова, А. А. Чистяков характеризуют аллювиально-дельтовые, собственно-дельтовые и авандельтовые фашиальные условия и их разновидности (табл. 3). А. А. Чистяков (1980) выделяет следующие обстановки в области дельт: 1) приустьевой участок реки с фашиями руслового и пойменного аллювия с господством речного осадконакопления; 2) устьевой участок реки (собственно дельта или эстуарий) с дополнительными фашиями приливного подпора, дельтовых озер и предустьевых углублений; 3) предустьевое взморье с фашиями баров, свала глубин и прадельты; 4) подводный каньон с фашиями верхнего, среднего и нижнего конусов; 5) глубоководный конус с господством режима морского осадконакопления.

Классификация дельтовых отложений, по С. Л. Бергу и Н. Т. Красновой (1951), включает следующие две группы и их разновидности: 1. Морские: а) первичные (в буграх Бэра), б) переотложенные (в эловых и делювиальных осадках). 2. Аллювиальные с отложениями: а) авандельты осушившиеся, б) зоны переходной от авандельты к собственной дельте (отложения култуков, бороздин и русел, кос и осередков), в) дельты (култучно-ильменные, русел, русловых кос и осередков, прирусловых ильменей, прирусловых валов, полевые, или паводковых разливов).

Примеры фашиальных обстановок дельт Амударьи и Волги приведены в табл. 4. В геохимическом отношении эти обстановки ха-

Таблица 4

## Классификация фаций надводно-дельтовых областей Амударьи и Волги

Дельта Амударьи (Попов и др., 1956)	Дельта Волги (Берг, Краснова, 1951)
Русловая: остаточно-береговая стрежневая косовая (береговая и осередковая)	Русловая — Отложения кос (береговых и осередковых) и островов
Пойменная: промывно-пойменная прирусловая валовая полойная (струйчато-слоистая)	— Прируслово-валовая Полойная
Пойменная такыровидная: промоинно-такыровидная полойно-такыровидная озерно-такыровидная вторично-такыровидная	Ямы (русла) Полойная — —
Болотная: протоково-болотная промоинно-болотная приморско-болотная (маршевая)	Болотная
Озерная: протоково-озерная промоинно-озерная ильменная приморско-озерная	Прируслово-ильменная — Ильменная Култучная
Золовая: прируслово-барханная вторично-барханная озерно-бугровая приморско-бугровая	— — Бугры Бэра То же

рактируются развитием многих геохимических фаций со специфическим наложением солоноводных морских условий.

Часто аллювиальные отложения и речные долины находятся в погребенном состоянии. С. Л. Сладкопцев (1973) разделяет погребенные долины на компенсированные и некомпенсированные и генезис их связывает с перекрытием аллювия отложениями: ледниковыми, склоновыми, аллювиальными и пролювиальными, морскими и озерными, вулканическими. Он выделяет следующие типы морфолитогенеза погребенных долин: 1) ледниковый, 2) ледниковый и перигляциальный, 3) перигляциальный, 4) озерно-аллювиальный, 5) семиаридно-делювиальный, делювиально-пролювиальный, 6) ледниково-морской, 7) аллювиально-морской. Обзор классификаций погребенных россыпей приведен в работе Г. В. Нестеренко (1977).

#### ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ АЛЛЮВИАЛЬНОГО ЛИТОГЕНЕЗА

При корреляции учитываются геохимические закономерности аллювиального литогенеза, связанные с миграцией и концентрацией элементов в речных водах и взвесах, осаждением и накоп-

лением химических элементов и их соединений из речных вод в речных осадках, гипергенным преобразованием речных отложений, геохимическими факторами и условиями литогенеза, распространением геохимических фаций. Детально эти закономерности охарактеризованы в работе «Геохимия аллювиального литогенеза» (Кузнецов, 1973 б). Здесь кратко опишем основные из них, дополнив новыми сведениями.

#### Общая характеристика речной эрозии и переноса вещества

Поверхностные воды, в том числе речные, осуществляют огромную эрозионную деятельность, разрушая горные породы и преобразуя рельеф. Эрозия поверхности по отдельным бассейнам рек колеблется от 400 до 4000 т грунта с 1 км<sup>2</sup> в год. Опускание поверхности водной денудацией, например, у Русской равнины составляет 0,008—0,03 мм, а у горных сооружений Средней Азии — до 0,44 мм в год. Ежегодно реки земного шара переносят в океан в форме взвесей 32500·10<sup>6</sup> и растворенных веществ 5902·10<sup>6</sup> т. Годовой сток всех рек равен 37000 км<sup>3</sup> в год. Объем механического смыва обломочного материала и химического выноса растворенных продуктов реками определяется строением и составом горных пород, геологическим развитием территории, характером рельефа, климатом, сезоном года, географическим положением бассейна эрозии и стока, строением речной сети и т. д. Соотношение растворенного, влекомого и взвешенного стока для рек равнин характеризуется величинами 100 : 5 : 56, рек гор — 100 : 86 : 680.

В химическом стоке рек определяющими являются бикарбонат- и сульфат-ионы; концентрации микроэлементов обычно составляют  $n-0$ ,  $n$  и менее 1 мг/л.

Эрозионная деятельность рек сочетается с накоплением аллювиальных осадков в русле, пойме, старицах речных долин, в дельтовых областях озер, морей и океанов. Осадки Миссисипи, например, в течение кайнозоя сформировали в ее дельте толщу отложений мощностью около 5 км и площадью свыше 70 тыс. км<sup>2</sup>.

Реки аккумулируют в речных долинах и конечных водоемах стока механогенные, хемогенные, биогенные и гидrogenные продукты. Тесная взаимосвязь речной эрозии и аккумуляции лежит в основе корреляции процессов, происходящих на площадях водостоков и в речных долинах, составов разрушаемых речными водами коренных пород и отлагаемых ими осадков.

#### Закономерности миграции химических элементов с речными водами

С речными водами связана миграция вещества в растворенном, взвешенном и во влекомом состояниях, находящихся в динамической взаимосвязи. Масштабы переноса в этих формах, взаимопереходов и накопления осадков определяются составом транспор-

Таблица 5

Среднее содержание химических элементов в речной воде  
(Turekian, 1969), млрд<sup>-1</sup>

Химический элемент	Среднее содержание	Химический элемент	Среднее содержание	Химический элемент	Среднее содержание
Ag	0,3	F	100	Rb	1
As	2	Ga	0,09	Sb	1
Au	0,002	Gd	0,04	Sc	0,004
B	10	Hg	0,007	Se	0,2
Ba	10	Ho	0,01	Sm	0,03
Br	20	J	7	Sr	50
Ce	0,06	La	0,2	Tb	0,008
Cl	7800	Li	3	Th	0,1
Co	0,2	Lu	0,008	Ti	3
Cr	1,0	Mn	7	U	0,4
Cs	0,02	Mo	1	V	0,9
Cu	7	Nd	0,2	W	0,03
Dy	0,05	Ni	0,3	Y	0,7
Er	0,05	Pb	3	Yb	0,05
Eu	0,07	Pt	0,03	Zn	20

тируемого вещества, гидрологией речного потока, геологическим строением и развитием территории, геоморфологией, климатом и другими факторами. В растворенной форме в виде ионных растворов мигрируют калий, натрий, магний, кальций, золи кремния, алюминия и железа, в форме комплексных и органоминеральных соединений — медь, марганец, уран, серебро и другие микроэлементы (табл. 5).

В. Н. Вернадский (1960) подразделяет речные воды на пресные, соленые и рассолы. Оценивая минерализацию речных вод в пределах от менее 200 до свыше 1000 мг/л, О. А. Алекин (1970) по составу выделяет среди них гидрокарбонатный, сульфатный, хлоридно-сульфатный и хлоридный классы.

Состав речных вод в целом гидрокарбонатно-кальциевый. Однако он изменяется на отдельных участках долины в зависимости от динамики потока, соотношения видов стока, состава дренируемых почв, горных пород и грунтовых вод бассейна эрозии, температуры, влияния растительных и животных организмов, деятельности человека и других факторов, в то же время подчиняясь законам широтной и высотной зональности. Г. А. Максимович (1955) выделяет 66 речных гидрохимических фаций, объединяемых в кремнеземную, гидрокарбонатную, сульфатную, натриевую, хлоридную и кальциевую формации. Он характеризует зоны гидрохимических фаций: 1) преобладания гидрокарбонатно-кремнеземных, богатых органическим веществом фаций рек тундровых областей, 2) гидрокарбонатно-кальциевых фаций рек лесной полосы, 3) гидрокарбонатно-сульфатной, сульфатной и хлоридной фаций рек степей, 4) хлоридно-натриевой фации рек пустынь и полупустынь, 5) господства кремнеземных и гидрокарбонатно-кремнеземных, богатых органи-

ческим веществом фаций рек тропиков и субтропиков, 6) зона с доминированием кремнеземных и гидрокарбонатно-кремнеземных фаций рек высокогорных районов. Соответственно изменяется минерализация речных вод зон: тундры — 25—268 мг/л, лесной 20—350, лесостепной — 350—812, степной — 117—6821, пустынь — 108—108250, тропиков и субтропиков — 30—246 мг/л. Содержание органического вещества в расчете на сухой остаток колеблется от 10% в северных реках до 70% в реках тропических областей.

Во влекомом и взвешенном состояниях химические элементы мигрируют в составе обломков горных пород, минералов и коагулировавших взвесей. В обломках гравийно-галечного и песчаного размера в зависимости от их петрографического и минералогического состава мигрируют кремний, алюминий, калий, натрий, магний, титан, цирконий, золото и платина; в составе взвесей илистых и глинистых частиц — кремний, калий, натрий, алюминий, железо, марганец, галлий и адсорбированные на них титан, ванадий, хром, медь, никель; в форме коллоидов — окислы кремния, алюминия, железа, марганца, органические соединения. В составе взвесей реками переносится основная масса железа, марганца и микроэлементов (табл. 6).

В связи с указанными формами миграции отмечается зональность переноса вещества в русле реки: повышенные концентрации алюминия, калия, магния в верхней и кремния, натрия, кальция в нижней частях долины. Высокие концентрации микроэлементов приурочены в основном к верховьям долины, где они связаны преимущественно с обломочным материалом.

Степень миграции в речных водах химических элементов зависит от их свойств, состава и свойств их соединений (растворимости и

Таблица 6

Среднее содержание микроэлементов по формам переноса в речных водах  
разного химического состава (Беус и др., 1976), мкг/л

Микроэлемент	Гидрокарбонатный		Сульфатный и гидрокарбонатно-сульфатный	
	в растворе	во взвешенных твердых частицах	в растворе	во взвешенных твердых частицах
Br	14—17	—	28—48	—
J	7—10	—	8—17	—
V	0—2	7—10	2	20—115
Mo	Не обн.	0,2	—	—
Co	»	1,2—2,0	Не обн.	3—20
Ni	0—1,2	3—8	0,7—3,0	32—67
Cu	6—10	2—8	6—13	10—77
Zn	29—33	15—48	5—19	60—715
Pb	Не обн.	15	Не обн.	8—67
Hg	0,01—2,8	—	—	—
Cd	0—5	—	—	—
As	0—10	—	—	—
Cr	<1	—	—	—

Таблица 7  
Классификация микроэлементов по миграционной способности

Степень подвижности, группа элементов	$A^*$ , $n \cdot 10^{-5}$	Мигранты	Автор
Мигрирующие	10—100	As, Ag, Mo, Cd, Zn, Cu, (P), Pb, Sb	Удодов, Париллов, 1961
Слабомигрирующие	1—9	Bi, Cr, Be, Ni, Co, V, W, Mn	
Весьма слабо мигрирующие I	0,1—0,9 80	Ba, Ti, Sn, Zr B	Холодов и др., 1968
II	20—5	Sr, Se, Re, Te (?)	
III	5—1	Li, Rb, Cs (?)	
IV	1	Zr, Ge, TR, Sc, Ga, La (?), Nb (?), Ta (?)	
V	<1	Be	
Подвижные при pH 7 и выше 7		$V^4$ , $V^5$ , $As^3$ , $As^5$ , $Sc^6$ , $U^6$ , $Cr^6$ , $Mo^6$ , $Mo^6$	Ковда и др., 1959
Подвижные в широком диапазоне pH		Li, Rb, Cs, F, Br, S, B	
Подвижные при pH менее 6		Sr, Ba, TR, Th, Cu, Zn, Cd, Ti, Zr, Cr <sup>3</sup> , Mn <sup>3</sup> , Fe <sup>2</sup> , Fe <sup>3</sup> , Co <sup>2</sup> , Co <sup>3</sup> , Ni <sup>2</sup> , Pb <sup>4</sup> , Sn <sup>2</sup> и др.	

\* $A$  — отношение содержания элемента в воде к его кларку в земной коре.

форм нахождения элемента, способности образовывать легкомигрирующие соединения и т. д.), физико-химических условий (величины pH, Eh, степени окисления сульфидов), гидрогеологического режима рек (равнинные и горные реки, условия русел, стариц, проточных болот и дельт), климатических и физико-географических особенностей ландшафтов, наличия геохимических барьеров, препятствующих миграции и т. д.

Б. Б. Польшов (1934) отмечает по миграционной способности следующие ряды элементов: 1) энергичновыносимые — Cl, Br, J, S (порядок выноса равен  $n \cdot 10$ ); 2) легковыносимые — Ca, Na, Mg, K ( $n$ ); 3) подвижные — Mn, P, Si ( $n \cdot 10^{-1}$ ); 4) инертные или слабоподвижные — Al, Ti ( $n \cdot 10^{-2}$ ); 5) практически неподвижные —  $SiO_2$  кварца ( $\frac{n}{\infty}$ ).

А. И. Перельманом (1965) выделяются группы мигрантов: 1) очень подвижные ( $K_x^* = n \cdot 10 - n \cdot 100$ ) — S, Cl, B, Br; 2) подвижные ( $n$ ) — Ca, Na, Mg, Sr, Ra, F; 3) слабоподвижные (0,  $n$ ) — K, Ba, Rb, Li, Be, Cs, Tl, Si, P, Sn, As, Ge, Sb; 4) подвижные и слабоподвижные в окислительной среде ( $n=0, n$ ) и инертные в резко восстановительной ( $<0,1$ ) — Zn, Ni, Cu, Pb, Cd, Hg, Ag, V, U, Mo, Se, Re; 5) подвижные и слабоподвижные в восстановительной глеевой среде ( $n=0, n$ ) и инертные в окислительной (0,  $0n$ ) — Fe, Mn,

\* $K_x$  — отношение содержания элемента в минеральном остатке воды к содержанию его в горных породах, дренирующихся этими водами.

Co; 6) малоподвижные в большинстве обстановок ( $K_x=0, n=0, 0n$ ) — Al, Ti, Zr, Cr, TR, Y, Ga, Nb, Th, Sc, Ta, W, In, Bi, Te, Os, Pd, Ru, Pt, Au, Rh, Ir. Имеются и другие классификации химических элементов по миграционной способности (табл. 7).

Таблица 8

Главнейшие формы нахождения химических элементов в ландшафтах (Перельман, 1966)

Форма	Химические элементы и их соединения	Геологическая обстановка
Газообразная	$O_2$ , $N_2$ , $CO_2$ , $H_2S$ , $CH_4$ , Rn, He, Ar	Надземная и подземная атмосфера, природные воды, живое вещество, в меньшей степени минералы
Легкорастворимые соли и ионы	NaCl, $Na_2SO_4$ , $Na_2CO_3$ , $ZnSO_4$ , $CuSO_4$ , $Na^+$ , $Cu^{2+}$	Почвы, коры выветривания, континентальные отложения сухих степей и пустынь, зона окисления сульфидных месторождений. Грунтовые воды районов с сухим климатом, глубокие горизонты подземных вод, соляные месторождения
Труднорастворимые соли и их ионы в растворах	$CaCO_3$ , $CaCO_3 \cdot 2H_2O$ , $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ , $PbSO_4$	Почвы, кора выветривания и континентальные отложения степей и полупустынь, частично зона окисления сульфидных месторождений, грунтовые воды
Элементы в телах живых организмов	Белки, жиры, углеводы, витамины и другие органические соединения, состоящие в основном из C, H, O, N, в меньшей степени — S, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn и др.	Ландшафты суши, особенно районов с теплым и влажным климатом, в меньшей степени тайга, степь, тундра, пустыни
Коллоидные осадки и растворы	Гумусовые вещества, коллоидные осадки гидроокислов Fe, Al, Mn, Si, частично глинистые минералы	Почва, кора выветривания и илы водоемов
Адсорбированные ионы (преимущественно катионы)	$Ca^{2+}$ , $Mg^{2+}$ , $N^+$ , $Cu^{2+}$ , $H^+$ , $Ni^{2+}$ , $Al^{3+}$ и коллоидные минералы	Почвы, илы водоемов, кора выветривания, глинистые породы, Fe- и Mn-руды, углеродисто-кремнистые сланцы, угли, торф
Межблочные формы в нарушениях кристаллов	U	Горные породы
Элементы в узлах кристаллических решеток медленно разрушаемых и устойчивых минералов	Si, Al, Zr, Hf, W, Sn, Ta, Nb, Th, TR	Циркон, сфен, кварц, танталониобаты и другие минералы в почвах и коре выветривания, каолинит в почвах, коре выветривания и континентальных отложениях

Для глинистых речных осадков характерен ряд элементов (от слабоподвижных к более подвижным): Ti, Zr, Ga, Be→Cr, V→Ni→Pb→Cu→Mn→Ba→Sr. У солоноводных дельтовых и соленых прибрежно-морских глин характер подвижности элементов меняется, особенно резко для бария, марганца, железа и ванадия.

При оценке форм и степени миграции элементов в конкретных условиях речных долин необходимо учитывать, во-первых, формы их нахождения в ландшафтах; во-вторых, происходящее в процессе переноса перераспределение химических элементов и их соединений, в связи с растворением, истиранием частиц, коагуляцией коллоидов, осаждением, взаимодействием речных вод с растительными и животными организмами, с протеканием физико-химических реакций и т. д. (табл. 8).

### Осаждение химических элементов из речных вод

Осаждение элементов и их соединений из речных вод связано с механической садкой частиц при уменьшении скоростей водного потока, с выпадением труднорастворимых соединений при изменении окислительно-восстановительных условий, со смешиванием вод различного состава и коагуляцией коллоидов, с адсорбцией элементов из речных вод взвесями и осадками, изменениями в составе поглощенного комплекса, аморфных и солевых форм соединений, а также с взаимодействием иловых вод и поровых растворов с аллювиальными отложениями.

Установлены следующие закономерности химического состава речных осадков. У нормального аллювия для горных областей типично преобладание полимиктовых песков со слабой дифференцированностью материала, повышенными концентрациями алюминия, кальция и пониженными железа; для равнинных регионов — господство мономинеральных кварцевых песков с высокой степенью дифференциации материала, повышенными содержаниями кремния и пониженными алюминия, железа и других элементов. Отмечаются, особенно в аллювии горных областей, россыпи титана, циркония, золота, олова и других элементов, а равнинных районов — месторождения глин, песка и других строительных материалов.

Для гляциоаллювия и перигляциального аллювия характерен грубообломочный песчано-галечный слабо дифференцированный материал с господством соединений петрогенных элементов в переглубленных ложбинах ледникового выпахивания и зонах конечных морен; относительно слабо дифференцированные полимиктовые пески — в зонах долинных зандров и кварцевые пески — в зонах полесий.

В аллювии подпрудного типа господствует глинистый и алевритовый, реже песчаный материал с преобладанием алюминия, калия, натрия, местами кремния; характерны месторождения глин.

Отложения дельтового аллювия состоят из преимущественно тонкозернистого материала с малыми концентрациями железа, кальция, магния, высокими — кремния, алюминия и углерода, с по-

вышенными — галлия, хрома, марганца, бора, стронция, фтора и лития, причем последние четыре элемента часто являются показателями наложения морских условий во время приливов, трансгрессии моря или погружения дельты. Здесь распространены дельтовые и аллювиально-прибрежно-морские россыпи титана, циркония, тория, олова и хемогенные месторождения железа, марганца, меди, а также биогенные накопления угля и нефти.

Для корреляционных целей важно знание места, характера и масштабов проявления геохимических барьеров (табл. 9). В зависимости от фациальных условий осаждения элементов и их соединений меняется состав речных осадков, характер их гипергенных новообразований, формы нахождения и особенности распространения микроэлементов.

В осадках русловой фации накапливается грубообломочный галечный, песчано-галечный и песчаный материал; пойменной — преимущественно тонкозернистые пески и глины с коагуляцией коллоидов, гидрогенным и биогенным накоплением и сорбцией химических элементов; старичной фации — биогенные и коллоидные соединения. Такой характер распределения осадков определяет общую закономерность распределения химических элементов в фациальном ряду речных осадков: при переходе от русловой к пойменной и старичной фациям отмечается уменьшение концентраций кремния и увеличение алюминия, углерода, титана, меди, ванадия и других микроэлементов.

В корреляционном отношении наибольший интерес у нормального аллювия представляют осадки базальной фации, а у гляцио- и перегляциального аллювия — фации размыва, несущие информацию об условиях и времени врезания долины, составе размываемых коренных горных пород, геологическом строении водораздельных и водосборных территорий и их месторождениях. С этой фацией часто связаны повышенные концентрации микроэлементов, распространены россыпи.

В зависимости от литологических особенностей осадков закономерности нахождения химических элементов определяются прежде всего распределением минералов в гранулометрическом спектре и формами нахождения элементов в различных их видах. В ряду песок — супесь — суглинок — глина, как правило, уменьшаются концентрации кремния и возрастают алюминия, калия, натрия, кальция, магния, микроэлементов. Значительные содержания микроэлементов здесь могут быть связаны с органическим веществом — активным концентратом, а для погребенного аллювия — с наложением эпигенетических процессов ожелезнения, адсорбцией микроэлементов глинами и т. д.

Для гранулометрического спектра речных осадков характерно: 1) преобладание у галечников и гравия петрогенных элементов, находящихся в различных количественных соотношениях в зависимости от петрографических особенностей обломков горных пород; 2) господство кремния, реже алюминия, кальция и магния в частях песчаной размерности; 3) закономерное увеличение concentra-

Таблица 9

## Геохимические барьеры (Перельман, 1965, 1979)

Тип барьера	Характеристика процессов на барьерах	Основные концентрирующие химические элементы
Механический	Осаждение обломков пород, минералов при изменениях скоростей движения вод, воздуха	Россыпи Au, Sn, Zr, Ti, Th и др.
Испарительный	Испарение поверхностных и грунтовых вод; засоление почв, огипсование, солончаки, солевые корки	Li, Na, F, Mg, S, Cl, K, Ca, Zn, Sr, Rb, Mo, U, J
Адсорбционный	Сорбция химических элементов на поверхности глин, торфа, угля, бокситов, бурых железняков	Mg, P, S, K, Ca, V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Pb, Mo, Hg, Ra, U
Термодинамический	Резкая смена температуры и давлений в зоне разломов, илловинальном карбонатном горизонте, разгрузка углекислых вод, дегазация CO <sub>2</sub> , садка карбонатов	Ca
Кислородный	Смешивание грунтовых и болотных вод, бедных кислородом, с поверхностными водами, обогащенными им; выпадение окислов железа и марганца; сорбция на них микроэлементов	Fe, Mn, Co, S
Восстановительный сероводородный	Воды, обогащенные сероводородом, гниющим органическим веществом; садка сульфидов	V, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Ag, Cd, Hg, Pb, U
Восстановительный глеевый	Зона глеевых бескислородных вод, осаждение анионогенных металлов	U, V, Mo
Сульфатный и карбонатный	Взаимодействие сульфатных, карбонатных вод с другими типами вод, садка гипса, целестина	Ca, Sr, Ba
Кислотно-щелочной	Смешивание кислых рудничных и болотных вод с речными; выходы глубинных вод, богатых карбонатами; осаждение соединений железа, никеля и др.	Ca, Mg, Sr, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, Si
Биологический	Концентрация элементов в растительном покрове, гумусовом горизонте почв, колониях микроорганизмов, биолитах — торфе, угле, горючих сланцах, нефти, газах	C, O, H, N, F, S, V, Cu и др.
Смешанный	Наложение различных типов геохимических барьеров: биосорбционный, кислородно-термобарический и т. д.	Fe, Ca, Mn, P, N, S, Cu и др.

ции микроэлементов с уменьшением размерности частиц при максимальных их содержаниях во фракциях 0,1—0,01 мм, где накапливаются устойчивые минералы, в том числе рудные; 4) высокие концентрации микроэлементов во фракции менее 0,001 мм, связанные с их адсорбционной формой в глинистых минералах и органи-

ческом веществе; 5) основные содержания рудных минералов и микроэлементов в тяжелой фракции (плотность свыше 2,29).

Из закономерностей распределения химических элементов в минералах аллювия отметим следующие. В терригенных минералах они находятся в форме собственных соединений: кремний в кварце и силикатах, алюминий в алюмосиликатах, кальций и магний в кальците, доломите, калий и натрий в слюдах, титан в рутиле, ильмените и т. д.; в форме изоморфных примесей: галлий, германий, титан в алюмосиликатах; в форме атомарного рассеяния: большинство редких и рассеянных элементов в породообразующих и акцессорных минералах; в адсорбционной форме: медь, ванадий, кобальт, хром на поверхности глинистых минералов, гидроокислов железа и марганца.

Геохимические особенности отдельных терригенных минералов речных осадков точнее, чем концентрация элементов в осадке в целом или в его размерных фракциях, характеризуют состав питающих провинций и могут быть важными корреляционными показателями состава горных пород, месторождений и процессов выветривания на площадях водосборов.

Элементы подвижных форм речных осадков, входящие в состав легкорастворимых солей, поглощенного комплекса и аморфных соединений, являются показателями их подвижности и условий среды.

Повышенные содержания аморфных форм кремния, алюминия, железа обычно связаны с суглинками, наилочными и илистыми отложениями. По их средним концентрациям осадки располагаются в ряды: литологический (пески — супеси — суглинки), фациальный (старичные — пойменные — русловые). Вторичные минералы имеют, как правило, повышенные содержания аморфных форм нахождения микроэлементов. Закономерности концентрации микроэлементов в этих формах используются как показатели и коррелянты фациальных обстановок, дальности и направлений сноса материала.

Состав водных и солянокислых вытяжек характеризует легкоподвижную форму нахождения химических элементов, связанную с легкорастворимыми хлоридами, сульфатами и бикарбонатами, часто образующими солевые налеты на осадке при его высыхании или вымораживании. Отмечается тенденция к повышению концентраций кальция, магния, калия, натрия и других компонентов легкоподвижных форм при переходе от русловых к пойменным и старичным осадкам, при этом максимальные концентрации обычно связаны с супесями и гумусированными отложениями. Различия составов рассматриваемых вытяжек из голоценовых и верхнечетвертичных речных осадков, пресноводных и морских палеогеновых и неогеновых отложений используются при корреляциях и палеогеографических реконструкциях.

С поглощенным комплексом органического вещества, гидроокислов железа и марганца, глинистых минералов и карбонатов связана преобладающая миграция микроэлементов в речных водах,

их осаждение и перераспределение в процессах диагенеза и эпигенеза. Коллоидные соединения железа и марганца активно поглощают P, V, Cu, Co, кремнезема — U, Ra, глины — Ti, Ni, Cu, Ga, органического вещества — большинство редких и рассеянных элементов. Состав поглощенного комплекса во многом определяется литолого-фациальными условиями седиментогенеза, что должно учитываться при геохимической корреляции аллювиальных отложений.

### **Гипергенное минералообразование в речных осадках**

В аллювиальных глинах гумидной зоны отмечаются аутигенные сульфиды (пирит, марказит), гидроокислы (гематит, лимонит, вады, лейкоксен, халцедон, опал), карбонаты (кальцит, арагонит, доломит, родохрозит), фосфаты (вивианит, керченит), силикаты (глаукониты), аридной зоны — сульфаты (гипс). В глинах дельт наблюдаются новообразования монтмориллонита и глауконита с повышенными содержаниями алюминия, железа, бора. Гипергенные минералы концентрируют микроэлементы: гидроокислы железа — Ni, Co, Cu, V, Mn, As; гидроокислы марганца — Co, Ni, V, Sc, Ba; карбонаты — Sr; опалы — Ti, Zr; гипсы — Mo, Sr; глины — Mn, Fe, Cu, Co и т. д.

Минералогические и геохимические особенности этих минералов и их ассоциаций, специфика минералообразования в зависимости от гипергенных условий могут быть использованы при корреляции аллювиальных горизонтов, уточнений фаций и дельтовых обстановок.

### **Педогенез и распределение микроэлементов в аллювии**

В речных долинах почвообразование связано с накоплением и переработкой речных, особенно паводковых, наносов, развитием пойменной и старичной растительности, с привнесением химических соединений речными и грунтовыми водами. По отношению к аллювиальному литогенезу почвообразование выступает как эпигенетический процесс на террасах и сингенетический — на поймах. В основном наблюдаются глеевый и болотный процессы и торфяно-болотные и аллювиально-луговые почвы пойм, формирующиеся одновременно и в тесной связи с речным осадконакоплением; дерновый процесс и дерново-подзолистые почвы на аллювиальных отложениях террас, развитие почвенного профиля которых происходит вне непосредственной связи с речной аккумуляцией. Выделяют четыре основных геохимических типа аккумуляции и рассеяния элементов в почвах — биогенный, элювиально-иллювиальный, гидрогенный и атмосферный (Лукашев, 1963).

По В. А. Ковда и др. (1959), для педогенеза характерны следующие образования и ассоциации элементов: иллювиальный гори-

зонт — Si, Al, Fe, O, Cu, Ni, Mn, Co, Zn, V, Mo, Sr, Ba; горизонт скопления карбонатов и сульфатов — Ca, S, O, Sr, Ba; глеевый горизонт — Fe, Co, Ni, Cu; горизонты гидрогенных аккумуляций: луговые и болотные руды — Fe, Co, Ni, Si, Al, Mn, S, P; солончаки и соляные коры — Na, Mg, Ca, K, Cl, S, C, Si, B, Br, J, Li, Rb; латериты — Si, O, Al, Fe, Ti, Mn, Ni и т. д.

При почвообразовании по степени концентрации в почвах по отношению к кларку в земной коре отмечаются две группы элементов: 1) сильного сдвига с возрастанием содержаний C, N, B, J, Br и с уменьшением Na, Mg, Rb, Cu, Se, Re, Os; 2) слабого сдвига с возрастанием содержаний O, Si, Ba, Zn и уменьшением Al, Fe, Ca, K, Cl, Zr, Sr, Ni, Be, Ge, Cs, U, Th.

В гумусовом горизонте современных пойм концентрации C, O, P, S, N, K, Fe, а также Ti, Mn, Cu, V, Cr, Zn, Br, J, Mo, Pb и других элементов выше, чем в почвообразующих породах. В этом горизонте погребенных голоценовых пойменных почв по сравнению с современными отмечается дополнительное концентрирование Ni и Cr в 1,5 и уменьшение Ti, Ba и Cu в 1,2—1,6 раза; погребенные почвы пойм муравинского межледниковья по сравнению с голоценовыми содержат больше Ni и Mn в 2 и меньше Ti в 1,5 раза, что связано не только с палеогеохимическими особенностями их формирования, но и преобразованием органического вещества после захоронения почв (Кузнецов, 1973б).

Аллювиальные почвы, развивающиеся за счет продуктов выветривания и размыва изверженных и осадочных пород, отличаются друг от друга ассоциациями и уровнями содержаний микроэлементов.

В профиле долины максимальные концентрации валовых и подвижных форм элементов приходятся на почвы центральных и при-террасовых участков с повышенным накоплением илистых частиц и органогенных аккумуляций. Аллювиально-луговые почвы обычно несколько обогащены Ni, Cr, Mn, Ti и другими элементами по сравнению с торфяными пойменными почвами. Террасовый педогенез по сравнению с пойменным сопровождается относительным увеличением Si, уменьшением отношений  $CaO : MgO$ ;  $TiO_2 : Al_2O_3$  и увеличением Ti : Zr.

Почвы дельт обычно богаты B, Li, Br, J, а также Cu, Ni, Zn, Co, что используется при геохимических реконструкциях и корреляциях горизонтов погребенных дельт, к которым могут быть приурочены месторождения угля, нефти и россыпей.

Таким образом, закономерности распределения химических элементов в почвенных горизонтах определяются региональными геохимическими особенностями территорий бассейнов, пространственным положением горизонта в пойме и на отдельных участках долины в целом, характером и степенью почвообразования. Эти закономерности используются при корреляции аллювиальных горизонтов в стратиграфических и геолого-поисковых целях.

**Величины pH, при которых начинается выпадение гидроокислов металлов**

pH	Гидроокисел	pH	Гидроокисел
10,5	Mg (OH) <sub>2</sub>	5,2	Zn (OH) <sub>2</sub>
9	Al (OH) <sub>3</sub>	4,9	Sc (OH) <sub>3</sub>
8	La (OH) <sub>3</sub>	4,5	Bi (OH) <sub>3</sub>
8,5—8,8	Mn (OH) <sub>2</sub>	4,2	UO <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub>
7—8	Hg (OH) <sub>2</sub>	4,1	Al (OH) <sub>3</sub>
6,8	Co (OH) <sub>2</sub>	3,5	Th (OH) <sub>4</sub> , Ge (OH) <sub>3</sub>
6,7	Ni (OH) <sub>2</sub>	3,0	Sn (OH) <sub>2</sub>
6	Pb (OH) <sub>2</sub>	2,5—4,5	Fe (OH) <sub>3</sub>
5,7	Be (OH) <sub>2</sub>	2,0	Sn (OH) <sub>4</sub> , Zn (OH) <sub>4</sub>
5,5	Fe (OH) <sub>2</sub>	1,4—1,6	Ti (OH) <sub>4</sub>
5,4	Cu (OH) <sub>2</sub>	0,4	NbO <sub>2</sub> OH
5,3	Cr (OH) <sub>3</sub>		

В речной долине выделяются субаквальная, супераквальная и элювиальная геохимические обстановки. Надводные и подводные условия резко различаются характером pH и Eh, проявлением процессов выветривания, окисления и растворения горных пород и минералов, физико-химической и коллоидной садки химических соединений, степенью подвижности элементов, развитием и преобразованием биомассы, формированием гипергенных минералов и т. д. На характер этих обстановок оказывают влияние литологические типы осадков, поэтому в их пределах необходимо различать разновидности обстановок с преимущественным накоплением обломочных, биогенных или хемогенных продуктов.

Основные пространственные и возрастные закономерности рассматриваемых обстановок в речной долине в условиях одной климатической зоны могут быть сведены к следующим; 1) реже встречаются субаквальные и чаще супераквальные условия вниз по течению и вкост простирания долин; 2) в субаквальных обстановках влияние на литогенез накопления обломочного материала уменьшается, а биогенного и хемогенного возрастает от стрежени в глубь поймы и от верховьев реки к дельте; 3) биогеохимические процессы и накопление органического вещества усиливаются с развитием старичных и болотных водоемов, особенно для рек равнинных и дельтовых областей. С зарастанием стариц и вторичных водоемов поймы субаквальная обстановка сменяется на супераквальную; 4) в супераквальных условиях преимущественное накопление обломочного материала ослабевает, а биогенного и хемогенного усиливается от приречной к центральной и притеррасовой частям поймы; 5) элювиальные обстановки характерны для террасовых и повышено-пойменных уровней и выделяются обломочными и хемогенными продуктами выветривания; 6) для горных рек наиболее развиты супераквальные условия с преимущественным накоплением грубообломочного, а для их конусов выноса — тонкозернистого и лессовидного материала. При пересечении рекой нескольких климатических зон эти закономерности усложняются особенностями геохимических процессов в связи с широтной и высотной зональностью.

Процессы и продукты аллювиального литогенеза зависят от многих особенностей среды, геохимические показатели которых имеют корреляционное значение. Среди них наиболее важными являются следующие.

**pH-среда.** Подвижны в кислой среде (pH менее 6) Sr, Ba, Th, Ra, Zn, Cd, Ti, Zr, Cu, Cr<sup>3</sup>, Mn<sup>2</sup>, Mn<sup>3</sup>, Ni, Fe<sup>2</sup>, Fe<sup>3</sup>, Co<sup>2</sup>, Co<sup>3</sup>, Pb, Sn и др.; в щелочной (pH 7 и выше) — V<sup>4</sup>, V<sup>5</sup>, As<sup>3</sup>, As<sup>5</sup>, Se<sup>6</sup>, U<sup>6</sup>, Cr<sup>6</sup>, Mo<sup>5</sup>, Mo<sup>6</sup>; подвижны в широком диапазоне величин pH — Li, Cs, Rb, Ba, F, B, S.

Выпадение гидроокислов металлов происходит в определенных интервалах pH (табл. 10). Так, садка окислов железа в речной до-

лине начинается при pH около 4. При pH 5—6 вместе с ними осаждаются гидроокислы Al, Zn, Cr, а при 7—8 — Co, Ni, V и Pb. В нейтральных или щелочных условиях происходит миграция железа в виде гидратов и металорганических соединений. Величины pH оказывают влияние на состояние коллоидных систем. Например, осаждение коллоидного кремнезема идет при pH 4,5, а молекулярно диспергированного при 8. Величина pH коагуляции из речных вод для монтмориллонита составляет 6,6, каолинита — 7,5 и кварца — 8,0.

Среда формирования осадков рек гумидной зоны (например, в бассейне Днепра) варьирует для русловых условий в пределах pH 8,0—7,0, пойменных 7,1—5,0 и старичных 5,0—4,6. У речных вод в целом близкие показатели pH 8,5—6,2. Реки с повышенным содержанием органических кислот выделяются слабокислой обстановкой с pH 7—4. Рассматриваемые условия зависят также от типа почв, развивающихся на речных отложениях. Для долин Белорусского Полесья характерны средние величины pH: у дерново-подзолистых почв 5,2—4,7, торфяно-болотных — 6,2 и торфяников — 5,0—3,0. В каждой конкретной обстановке речных долин величина pH зависит от различных причин — наличия карбонатов и бикарбонатов, органогенных осадков, сульфидных проявлений, подтока глубинных вод и т. д. (Кузнецов, 1973б).

Общие закономерности pH-среды аллювиального литогенеза заключаются в уменьшении ее величины: а) в ряду русловая — пойменная — старичная фация; б) в пределах одной и той же фациальной обстановки с уменьшением размерности частиц осадка, т. е. в литологическом ряду пески — супеси — глины; в) при одной и той же фациальной обстановке и одном литологическом типе осадков с возрастанием заиленности или заболачивания поймы и водосбора; г) вкост простирания долины от русла в глубь поймы; д) при переходе от субаквальных к субаэральным обстановкам.

**Гидрохимические особенности среды.** Речные воды представляют собой часть динамической системы вода — осадок, определяю-

щей растворение, гидролиз, ионообменные реакции, осаждение коллоидов, гипергенное минералообразование и другие процессы, сопровождающие аллювиальный литогенез. Захороненные в осадке воды оказывают существенное влияние на диагенетические и эпигенетические преобразования отложений. Влияние водной среды на литогенез определяется ее кислородным режимом, наличием углекислоты, органических веществ, ассоциациями ионов и анионов, коллоидов, характером контакта вод с породой.

В речных долинах при переходе от русловых к пойменным и старичным условиям ослабевает роль вод как фактора и среды механического переноса и осаждения материала и усиливается роль вод как среды физико-химических, биохимических, микробиологических процессов миграции и аккумуляции химических элементов. В профиле русло — пойма — терраса возрастает влияние грунтовых вод, формирующих свой состав в зоне активного водообмена и взаимодействия с речными осадками и оказывающих влияние на процессы выветривания.

Под влиянием речных вод слюды могут переходить в гидрослюды, под действием морских вод в дельтах рек каолинит — в монтмориллонит. Потеря воды в аллювиальных осадках ведет к их уплотнению, синерезису коллоидов, переходам от водных к безводным формам минералов, окислению, разрушению органических соединений, к цементации и окаменению. Локальное влияние на литогенез оказывает состав глубинных вод, роль которых в эпигенетических преобразованиях аллювиальных отложений и рудообразовании особенно велика в погребенных речных долинах и дельтах.

Геохимические процессы между поровыми растворами и заключающими их осадками представляют часть эпигенетических преобразований отложений, вызывая изменения состава поглощенного комплекса, диффузию элементов, растворение и минералообразование.

**Литологические особенности среды.** Глинистые осадки в речных долинах в контакте с водой активно адсорбируют микроэлементы. Будучи захороненными в пойменных разрезах и являясь водоупорами, глины аккумулируют химические элементы из верхних частей почвогрунта, инфильтрированных атмосферными и паводковыми водами. Глинистые и лессовидные отложения — наиболее благоприятная среда для образования конкреций карбонатов и окислов железа. Для глин дельтового аллювия характерен иллит-монтмориллонит-каолинитовый состав. Наложение солончатых морских условий сопровождается переходом гидрослюды и каолинита в монтмориллонит с обогащением осадков В, Ga, Rb, Ca, Mn и др.

В песчаных осадках в силу их высокой пористости и низкой погложительной способности широко развито выщелачивание и окисление с формированием окисных соединений железа и марганца. Эти отложения являются хорошими коллекторами для нефти, газа, вод и рассолов. Горизонты карбонатных отложений и рассеянные карбонаты создают щелочные условия со специфическими аккумуляциями микроэлементов.

Органогенные дельтовые и озерно-речные осадки концентрируют многие микроэлементы, служат материалом для формирования месторождений горючих сланцев, углей, нефти, газа, редких элементов.

С геохимических позиций выделяют следующие основные типы отложений со специфическими для них условиями среды — литогенный, сиаллитно-глинистый, сиаллитно-карбонатный, сиаллитно-ферритный, аллитный, сиаллитно-хлоридно-сульфатный (Лукашев, 1963 и др.).

**Ожелезненность осадков** — важный показатель окислительно-восстановительных условий литогенеза, гипергенного минералообразования, миграции и осаждения химических элементов. Среднее значение этого показателя в речных долинах характеризуется закономерным ростом: 1) в ряду русловый — пойменный — старичный аллювий; 2) с уменьшением размерности частиц осадков; 3) с переходом от осадков, не содержащих органическое вещество, к органо-минеральным; 4) в ряду нормальный — перигляциальный аллювий.

Повышенные содержания железа в речных водах и осадках способствуют деятельности железобактерий с формированием болотных и дерновых руд в поймах, образованию сульфатных и сульфидных минералов в старицах, перераспределению марганца, никеля, меди и других элементов в почвах с концентрированием их в аллювиальном горизонте, аккумуляции микроэлементов при выпадении коллоидных соединений железа с изменением pH и т. д. Закономерности распределения химических элементов с учетом величины рассматриваемого показателя необходимо иметь в виду при корреляции аллювиальных горизонтов.

В обстановках долинных, особенно заболоченных, ландшафтов, как показано в работе К. И. Лукашева и др. (1971), геохимическая система железа находится в динамическом состоянии и отдельные ее минеральные виды характеризуют степень заболоченности и осушенности территории, сезон года. Формы железа в природных условиях весьма разнообразны (табл. 11).

**Органическое вещество.** Роль этого вещества как среды литогенеза заключается в создании условий, форм и факторов повышен-

Таблица 11  
Основные состояния железа в природных условиях (Pougbaix, 1963)

Валентность	Форма состояния	Стандартный химический потенциал при 25°C, ккал	Валентность	Форма состояния	Стандартный химический потенциал при 25°C, ккал
2+	Fe(OH) <sub>2</sub>	-58,9	2+	HFeO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	-90,6
2+ и 3+	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	-242,4	3+	Fe <sup>3+</sup>	-2,5
3+	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-177,1	3+	FeOH <sup>2+</sup>	-55,9
3+	Fe(OH) <sub>3</sub>	-161,9	3+	Fe(OH) <sub>2</sub> <sup>+</sup>	-106,2
2+	Fe <sup>2+</sup>	-20,3	6+	FeO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (?)	-111,7

ной миграции и аккумуляции железа, марганца, алюминия, титана и других элементов в виде комплексных соединений; высокой степени адсорбции им микроэлементов; в формировании органоглинистых комплексов и обстановок для развития микроорганизмов и сопровождающих их жизнедеятельность процессов восстановления сульфатов, нитратов и образования углекислоты; во влиянии на величины Eh и pH; участии в гипергенном минералообразовании (вивианит, пирит) и в накоплении биогенных осадков в виде торфа, ила и т. д.

Отмечается возрастание содержания органического вещества в речных отложениях и долинах: 1) в ряду русловая — пойменная — старичная фашия; 2) вкост простирания долины при переходе от русла к тыловой части поймы; 3) вниз по речной долине; 4) в литологическом ряду осадков пески — супеси — биолиты.

Широкое распространение гумусового вещества вместе с высокой подвижностью железа в ряде районов способствует формированию болотных железных руд. Речные воды из торфяных массивов, обогащенные органикой, являются благоприятной средой для мобилизации в аллювиальный перенос соединений железа, алюминия, кремния, меди и других элементов и накопления их в дельтах и конечных водоемах речного стока. Органическое вещество палеорек было определяющим в формировании ряда месторождений железных и медных руд, а также угля, нефти, горючих сланцев.

Многообразная роль органического вещества в процессах миграции, рассеяния и аккумуляции химических элементов, проявлении их форм нахождения в горных породах, осадках, водах, почвах, растительных и животных организмах, в процессах выветривания, гипергенного минералообразования, литогенеза и эпигенеза, в формировании особых, биогенного типа, осадочных породах и месторождений и т. д., определяющая специфические особенности среды осадконакопления, детально охарактеризована в работах В. И. Вернадского (1965), Э. Дегенса (1967), С. М. Манской, Т. В. Дроздовой (1964), А. И. Перельмана (1979), К. И. Лукашева (1963) и других исследователей.

### Литогеохимические фации аллювия

Содержания химических элементов, их ассоциации, формы нахождения в речных осадках отражают геологические, литологические и металлогенические особенности бассейнов речной эрозии и стока. Воды и осадки рек рудных поясов, щитов, платформ и отдельных геохимических провинций содержат повышенные концентрации и аномалии редких и рассеянных элементов. Это особенно четко проявляется в горных областях; на платформах при различных мощностях покровных отложений, особенно ледникового генезиса, рассматриваемые связи прослеживаются менее выразительно.

Знание закономерностей распределения химических элементов в аллювии и их кларков имеет первостепенное значение для геохими-

ческой корреляции и реконструкций водосборных площадей. При мощных четвертичных отложениях особое внимание заслуживает прежде всего изучение закономерностей распространения химических элементов в базальных горизонтах аллювиальных толщ погребенных речных долин.

Отражение условий осадконакопления в вещественном составе, структурных и текстурных особенностях пород и их сочетаниях вкладывается в понятие «фашия», введенное Н. Стено в XVII в.

По определению Д. В. Наливкина (1955), «фашия — это не только осадочная порода, т. е. литологическое понятие, но и одновременно определенная однородная часть суши или дна моря, т. е. географическое или палеогеографическое понятие». Учение о фашиях является основой геологических и палеогеографических реконструкций обстановок формирования осадочных пород, геологических, геохимических и других процессов, сопровождающих их. Фашиальный анализ служит одним из приемов геологической корреляции. В учение о фашиях, в том числе фашиальных условиях речных долин, значительный вклад внесен Д. В. Наливкиным (1955), Н. М. Страховым (1962), Е. В. Шанцером (1951), В. И. Поповым и др. (1956), К. И. Лукашевым (1960) и другими исследователями. Выделяют литологические, минералогические, геохимические, динамические, гидрогенные, биогенные и другие типы фаший.

Изучению и классификации литогеохимических фаший большое внимание уделено в работах К. И. Лукашева (1963), В. К. Лукашева и др. (1974), применительно к речным долинам — В. А. Кузнецова (1973б). Ими были выделены и охарактеризованы литогеохимические фашии аллювиального литогенеза: 1) литогенная, отражающая отложение преимущественно галечного и песчаного материала, максимальные концентрации Si и минимальные Al, Mg, Ca, K, Na и микроэлементов, слабощелочную среду и незначительное проявление гипергенного минералообразования; 2) сиаллитно-глинистая, выделяющаяся накоплением глинистых и илистых осадков, повышенным содержанием алюминия, активной миграцией химических соединений, широким развитием коагуляций, вторичного минералообразования окислов железа, карбонатов с преимущественно слабокислой средой; 3) биогенная, связанная с аккумуляцией органического вещества и сопутствующих ему соединений Fe, Ca, K, P и микроэлементов, с господством биогеохимических процессов миграции микроэлементов, с формированием гипергенных гематита, лимонита, вивианита, опала, лейкоксена, карбонатов, органоминеральных соединений с кислой средой; 4) сиаллитно-ферритная, обусловленная образованием окисных и гидроокисных железистых, глинисто-железистых конкреций, ортштейнов с повышенными содержаниями железа и марганца и некоторых микроэлементов; 5) сиаллитно-карбонатная со специфической концентрацией карбонатов Ca, Mg, Fe, Mn в виде карбонатных и глинисто-карбонатных конкреций, стяжений, лугового мергеля. Корреляционное соотношение литогеохимических фаший с аллювиальными на примере территории Белорусского Полесья отражено в табл. 12.

Соотношение литогеохимических и аллювиальных фаціальных комплексов речных отложений

Литогеохимическая фація	Средний химический состав, %; микроэлементы, $л \cdot 10^{-3} \%$	Минералы и соединения	pH-среда	Ведущие процессы литогенеза	Аллювиальные фації
Грубообломочная (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 0,2, Cu 0,3, Mn 0,6, Ti 43	Кварц, полевые шпаты, тяжелые минералы, глинистые минералы	7,5—8,5	Механическая аккумуляция грубообломочного материала	Русловые: стречневая, русловой отмели, 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, MgO не обн., 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	5,0—7,0	Механическая аккумуляция грубообломочного материала, коагуляция коллоидов	Пойменные: прежнего русла, прирусловых валов
Силлитно-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, плохоразложившееся органическое вещество	4,5—6,8	Механическая аккумуляция тонкообломочного материала, коагуляция коллоидов, гидрогенное и биогенное накопление, сорбция	Пойменные: собственно пойменные (приречной, 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	Глинистые минералы, органическое вещество различной степени разложения, кварц, полевые шпаты, опал, гидроокислы железа и марганца	4,7—5,0	Биогенное накопление, механическая аккумуляция тонкообломочного материала	Старично-русловые: затона, временного протока
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 0,7, Cu 0,6, Mn 0,7, Ti 110	Органическое вещество различной степени разложения, глинистые минералы, карбонаты, гидроокислы железа	4,6—5,0	Биогенное накопление, коагуляция коллоидов, сорбция, микробиологические процессы	Старичная

	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 0,3, 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, вивианит	5,8—7,0	Биогенное накопление, коагуляция, сорбция, микробиологические процессы	Болотные: заболоченные старичные и вторичные водоемы пойм, заболоченные почвы
Силлитно-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 0,34, 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	4,6—6,0	Коагуляция коллоидов, синерезис, химические реакции, сорбция, педогенез	Главным образом пойменные, реже русловые фації
Силлитно-карбонатная	SiO <sub>2</sub> 17,69, CaO 30,79, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 8,28, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 9,19, 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, Ti — не обн.	Кальцит, доломит, сидерит, манганокальцит, глинисто-карбонатные стяжения	5,0—7,8	Коагуляция коллоидов, синерезис, химические реакции	Старичная и пойменная

\*) Выделены типоморфные химические элементы, минералы и новообразования.

Рассмотренные литогеохимические фации типичны для равнинного нормального аллювия. Для аллювия горных областей характерно господство литогенной фации. У дельтового аллювия отмечаются в основном продукты сиаллитно-глинистой и биогенной, меньше литогенной фаций. Охарактеризованные фации свойственны рекам не только умеренно гумидного пояса, но и других климатических зон. В связи с зональностью геохимических процессов получают развитие также продукты других литогеохимических фаций аллювия: сиаллитно-хлоридно-сульфатной в зоне пустынь и полупустынь, сиаллитно-аллитной и аллитной во влажных субтропиках и тропиках. В перигляциальных и гляциоаллювиальных толщах господствуют литогенная, меньше сиаллитно-глинистая фации.

Знание литогеохимических фациальных обстановок в речных долинах помогает проведению геохимических и палеогеографических реконструкций и корреляций.

### МОДЕЛИ ЛИТОГЕНЕЗА И ПРИНЦИПЫ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ КОРРЕЛЯЦИИ В РЕЧНЫХ ДОЛИНАХ

В речных долинах геологические процессы и их продукты имеют сложную, обусловленную многими факторами и условиями природу и находятся в разнообразной временной и пространственной взаимосвязи друг с другом. Поэтому геохимическая корреляция часто должна опираться на знания и представления о комплексе этих процессов. Применительно к аллювиальным отложениям пространственная и временная связь процессов и продуктов описывается рядом моделей, часть из которых кратко характеризуется далее.

#### Модели литогенеза

Геоморфологическая модель аллювиального осадконакопления определяет характер залегания и состав отложений исходя из строения рельефа долины и ее положения в ландшафте региона, изменений гидродинамического режима русла в зависимости от его места в долине, пространственных сочетаний геоморфологических элементов поймы и террас. И. Аллен (Allen, 1965) выделяет четыре типа моделей долины с разветвленным, слабоизвилистым, сильно-меандрирующим речным руслом и с системой меандрирующих потоков. Разновидности русла определяют геоморфологические особенности строения долины, характер сложения аллювиальных толщ и пространственно-временные закономерности литологического состава их осадков. Г. Вишер (1974) дает геоморфологическую модель речного осадконакопления с учетом руслового и пойменного процессов, а также взаимоотношения аллювия с остаточными отложениями (рис. 1). Б. Блак на примере рек Шотландии подчеркивает важность характера сочетаний между руслом, прибрежными зонами поймы, ее рельефом и литологией осадков, объясняя на

основе движения потоков и формирования баров пространственно-временные закономерности расположения осадков различного гранулометрического состава (рис. 2).

Фациальная модель описывает речные осадки и их литологические особенности, основываясь на выделении русловой, пойменной, старичной обстановок и их разновидностей. Такие модели подробно охарактеризованы в работах Е. В. Шанцера (1951), Ю. А. Лаврушина (1963), А. А. Лазаренко (1964), Н. И. Николаева (1946) и других исследователей (рис. 3).

Геологическая модель характеризует взаимоотношение речных отложений исходя из геоморфологического и геолого-тектонического

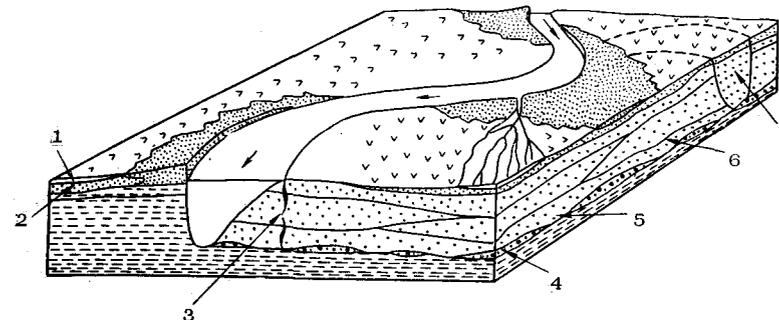


Рис. 1. Геоморфологическая модель обстановки речного осадконакопления (Вишер, 1974): 1 — пойменное болото, 2 — покровные пески, 3 — разрез с уменьшением снизу вверх величины зерен и масштаба текстур, 4 — остатки отложенного древнего русла, 5 — врезание в более древнее русло, 6 — местные поверхности врезания, 7 — русло заполнения

развития долины в зависимости от строения и состава горных пород и геологических структур, эрозируемых речными потоками. Подобные модели описаны Г. Б. Жилинским (1956), Б. С. Луневым (1967), Г. В. Нестеренко (1977) и др. Так, Г. В. Жилинский выделяет в модели аллювиального россыпеобразовательного процесса следующие зоны (вниз по речной долине): 1) современных эрозионных долин и россыпей неаллювиального происхождения; 2) зрелых долин и возможного распространения хорошо выдержанных аллювиальных россыпей; 3) современного углубления и расширения долин и преобразования долинных россыпей в террасовые и русловые; 4) аллювиальных равнин и древних дельтовокосовых россыпей.

Палеопотамологическая модель рассматривает взаимоотношения состава речных осадков и строения речных долин, имея в виду пространственно-временные сочетания различных литологических, фациальных, аллювиально-генетических комплексов отложений, их взаимосвязи с породами моренного, флювиогляциального, озёрного, морского и другого генезиса. Примером такого подхода являются исследования Г. И. Горецкого (1970, 1977, 1980) (рис. 4).

Особый интерес для геохимических корреляций представляют модели типа «процессы — результаты их действия». Применительно к речным долинам их трактовка дана Г. Вишером, выделяющим наиболее типичные процессы речного русла и их результаты. Предлагаемая модель важна для восстановления условий речной долины и динамики палеопотока (табл. 13). Данные по химизму речных

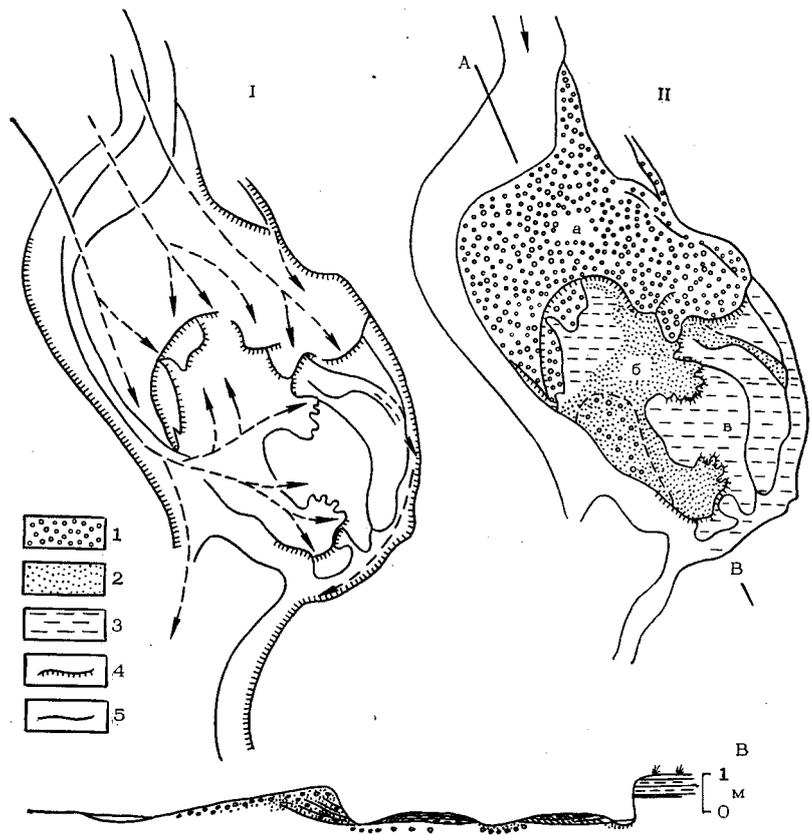


Рис. 2. Соотношение направлений течений речных вод, рельефа и литологии осадков в пойме (Black, 1976): I — направление речного потока, II — рельеф и литология поймы; 1 — гравий, 2 — песок, 3 — глины и ил, 4 — склон сноса, 5 — уступ эрозии; а, б, в — литологические поля

вод здесь по существу затрагивают аспекты геохимического характера. В частности, Г. Вишер подчеркивает свойства речных вод окислять закисные соединения железа, проводить гидролиз соединений калия и магния, растворять карбонаты, образовывать коллоидные соединения и осаждают их в случае смешивания пресных речных вод с солеными.

Геохимическая модель аллювиального литогенеза исходит из комплекса механогенных, хемогенных, гидрогенных и биогенных про-

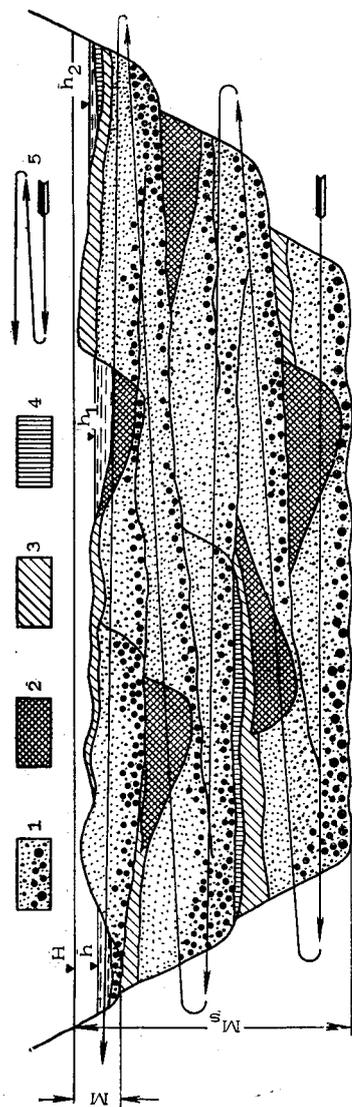


Рис. 3. Взаимоотношения фациальных обстановок осадконакопления в речной долине (Шанцер, 1961). Аллювий: 1 — русловый, 2 — старичный, 3 — пойменный, 4 — вторичных водоемов поймы, 5 — общее направление миграции русла; Н — горизонт полых вод;  $h$ ,  $h_1$ ,  $h_2$  — горизонты межени и вторичных водоемов поймы; М — нормальная мощность и Ms — общая мощность аллювия

цессов в долинах и характеризует распространение и особенности состава литогенных, сиаллитно-глинистых, сиаллитно-карбонатных, сиаллитно-ферритных, биогенных и других геохимических фаций и продуктов, тесно взаимосвязанных с аллювиальными фациями. Неотъемлемой составной частью модели являются закономерности геохимической и гидрогеохимической дифференциации вещества в речных долинах, охарактеризованные в работах В. А. Кузнецова (1973б, 1976), Н. М. Страхова (1962) и других исследователей.

Каждая из указанных моделей решает вопросы корреляции аллювиальных отложений с различных точек зрения. Наиболее полными и всесторонними, на наш взгляд, являются палеопотамологическая и геохимическая модели, на основе которых возможна корреляция процессов и отложений не только в пределах речной долины от верховьев к устью и от горизонтов заложения долины до ее погребения, но и между речными долинами с общими водоразделами и водоемами сноса, а также между долинами и речными отложениями различных регионов со сходным геологическим строением.

При использовании моделей и корреляции необ-

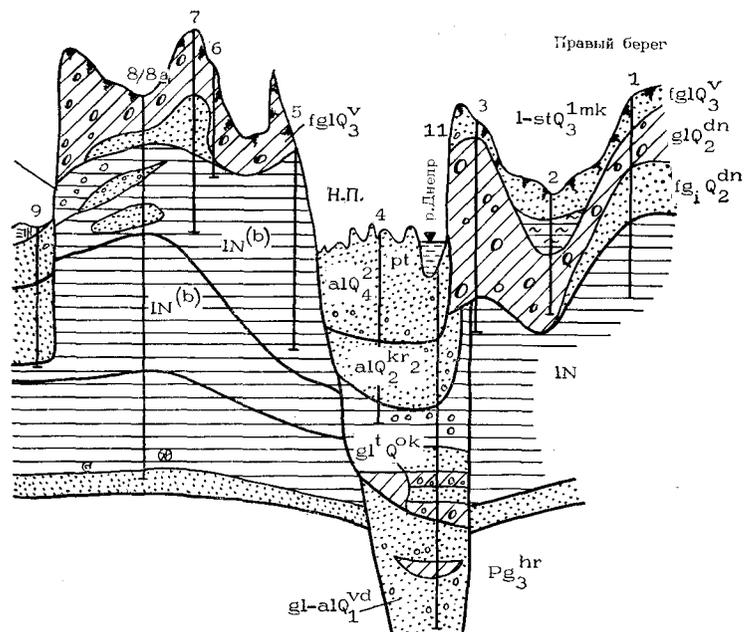
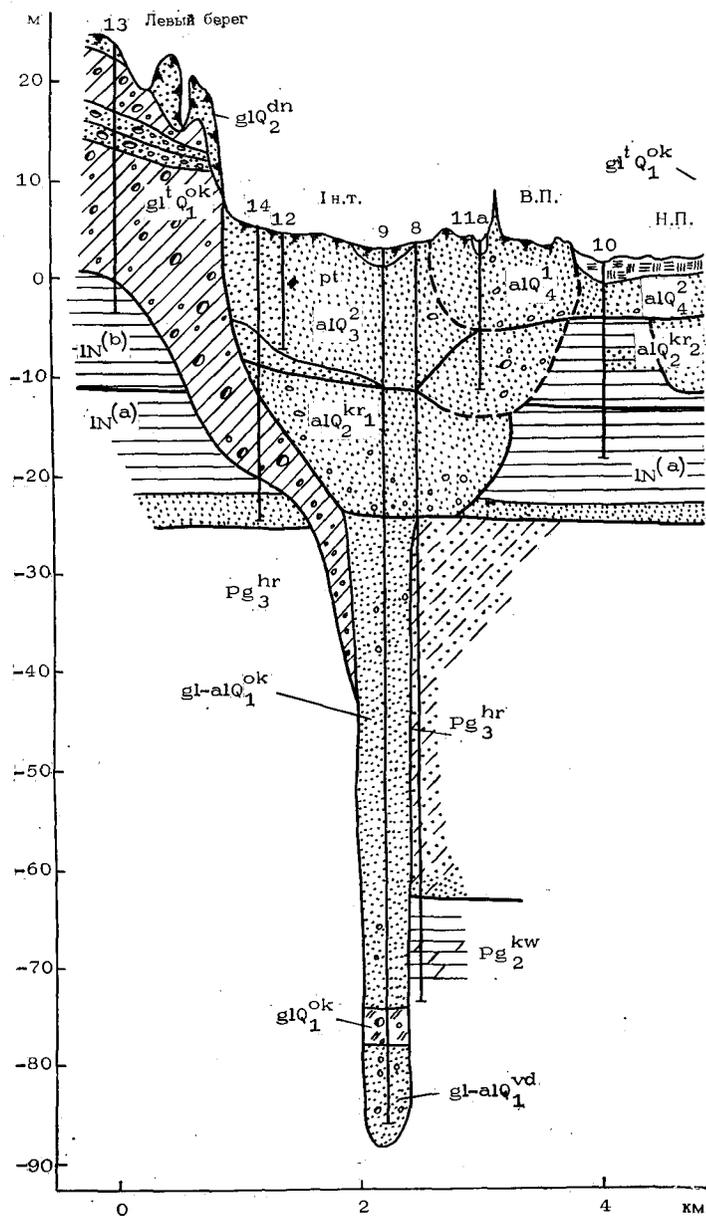


Рис. 4. Пример палеопотамологического профиля речной долины (Горещкий, 1970). Прослеживается распространение аллювиальных свит венедского, окского, кривичского, микулинского, верхнеплейстоценового и голоценового возрастов Пра- и современного Днепра, Березинско-Речницкий участок

ходимо: 1) правильно подбирать эталонную (природную, математическую и др.) модель с учетом общих черт и особенностей по отношению к коррелируемому объекту. Перенос модели на природный объект должен учитывать уровни корреляции и организации объектов сравнения, их системность; 2) опираться на оптимальный выбор параметров сравнения; 3) проводить оценку корреляционной зави-

симости; 4) включать элементы новых интерпретаций и прогноза. Необходимо также иметь в виду приближенность в интерпретации корреляции по модели, ограниченность модели в аспектах историзма.

При проведении корреляции геохимическая модель должна учитывать материалы по другим типам моделей. С геохимических позиций все модели освещают лишь отдельные стороны аллювиального литогенеза, отражая внешнюю структуру процессов и факторов речного осадконакопления. Внутренняя структура аллювиального литогенеза, выраженная в геохимической модели, затрагивает более глубокие, существенные стороны процессов и продуктов порообразования — механохимические, химические, гидрохимические, биогеохимические и их взаимосвязи в системах речные осадки — вода; минеральный осадок — органическое вещество; аллотигенный — аутигенный материал и др. Геохимические процессы и их продукты выступают на различных уровнях: осаждение терригенных обломков пород и минералов (уровень систем химических соединений и их сочетаний), осаждение коллоидов, садка гидроокислов и солей (молекулярный), адсорбция, сорбция и окклюзия (атомарный уровень). Химические элементы и соединения каждого

Таблица 13

Процессы и результаты их действия при аллювиальном осадконакоплении (Вишер, 1974)

Процесс	Производные процессов
Образование протоков и русел	Поверхности размыва. Остаточные отложения — глиняная щебенка, древесина, конкреции, грубый обломочный материал, переотложенная фауна
Меандрирование	Прирусловые валы. Изменение глубины поверхности осадконакопления, смена размеров зерен и характера текстур в вертикальном разрезе. Долинные отложения
Однонаправленный поток	Форма рельефа дна: песчаные волны и валы — слои с плоскостным типом косой слоистости, дюны — мультяная косая слоистость, знаки ряби: языковидные и осложняющиеся. Перенос обломочного материала: скачкообразный (сальтация зерен размером 100 — 750 мкм), интенсивная турбулентность во взвешенном состоянии, положительная скошенность — высокая степень сортированности. Мелкая текстура и поверхностные структуры: следы столкновения частиц промежуточной и удлиненной формы
Сезонные максимумы стока	Песчаная пачка, мощность которой равна глубине русла. Быстрое отложение осадков вслед за периодом максимального стока. Раздельное отложение осадков в пределах русел и пойменной равнины
Периодические изменения осадконакопления	Тонкая горизонтальная слоистость. Прирост осадков
Химизм вод (рН 6,8, Eh 0,4, минерализация менее 5 ‰)	Дисперсия глин. Разрушение обломков закисных соединений железа. Гидролиз калия и магния. Разрушение иллита и хлорита. Кремнистые, алюминиевые, железистые и органические коллоиды. Ограниченные количества организмов

из этих уровней литогенеза несут неодинаковую информацию об условиях формирования осадка и в различной степени могут быть использованы при корреляции.

### Приемы и критерии геохимической корреляции

Геохимическая корреляция в речных долинах основывается на указанных выше принципах и знании закономерностей геохимии аллювиального литогенеза с учетом геологических, геоморфологических, фациальных, палеопотамологических и техногенных процессов и их следствий.

Корреляция опирается на следующие приемы и критерии: сходство парагенетических литологических ассоциаций речных отложений, минералов и химических элементов в них; близость величин концентраций и соотношений химических элементов, изотопов или их групп в отложениях; аналогию геохимических тенденций в пространстве химических элементов и их соединений вверх по стратиграфическому разрезу или по площади горизонта осадочных

пород; подобие рядов геохимической дифференциации элементов с учетом фациальных условий, их изменений вкост простирания и вниз по речной долине; одновозрастность речных осадков, фиксируемую методами абсолютной или иной датировки; сходство в формах нахождения и геохимическом поведении отдельных элементов и их групп — в терригенной, солевой, адсорбционной, биогенной формах и различных экстрактах пород; близость геофизических свойств отложений, связанных с определенными химическими элементами (радиоактивность, магнетизм, электропроводность пород и др.); единство питающих минералогических и геохимических провинций; соответствие уровней речной эрозии и аккумуляции — ассоциации химических элементов наиболее высоких (более древних) уровней размыва долины соответствуют ассоциациям более низких горизонтов осадконакопления; учет геохимических особенностей различных типов и литологических разностей аллювия, фаций, палеопотамологических арен, геохимических провинций; учет геохимической специфики отдельных аллювиальных горизонтов, толщ, формаций, эпох литогенеза и рудообразования; сходство геохимических особенностей ископаемых растительных, животных организмов и палеоэкосистем.

Корреляции могут вестись по отдельным данным или комплексу геохимических данных, на основе частичной или всесторонней геохимических реконструкций. Обычно они включают также элементы восстановления палеогеографических обстановок, режима и направлений сноса речного материала, разделения континентальных и морских условий, истории развития речных долин. Геохимическая корреляция объединяет сопоставления процессов и их продуктов в речных долинах, бассейнах эрозии и конечных водоемах аккумуляции.

Необходимо учитывать, что в отдельных случаях при одних и тех же геохимических параметрах может быть неоднозначность основ, по которым ведется корреляция. Например, закономерное уменьшение концентраций одних и увеличение других элементов в разрезе могут быть обусловлены явлениями, связанными с переменами гидродинамики потока, гестектоникой либо изменениями климата и т. д. Поэтому при корреляции важен оптимальный подбор принципов и выбор критериев, знание возможностей различных уровней корреляции, учет определяющих факторов и условий.

При корреляции древних аллювиальных комплексов необходимо учитывать возможность наложения процессов эпигенеза и катагенеза и их геохимическую специфику, поскольку с ними может быть связано значительное перераспределение химических элементов и образование новых минеральных ассоциаций.

Корреляция по геохимическим данным имеет ряд особенностей в зависимости от внутриводораздельного, регионального, межрегионального и глобального масштабов решения проблем.

## МЕТОДЫ КОРРЕЛЯЦИИ В РЕЧНЫХ ДОЛИНАХ

Выбор коррелятивных методов и критериев определяется генетической природой и составом сравниваемых пород, горизонтов и разрезов, целью корреляции, а также характером научных, геолого-съемочных, поисковых и разведочных работ.

Применительно к аллювиальным отложениям мы выделяем следующие основные группы методов корреляции: палеонтологические, литологические, минералогические, геохимические, геофизические, почвенные, археологические и методы, основанные на их сочетаниях. Применимость этих методов различна. Охарактеризуем кратко указанные группы методов, остановившись более подробно на геохимических.

### Палеонтологические методы

Они основаны на изучении остатков растительных и животных организмов, характеризующих возраст и условия формирования отложений. Сюда входят палинологический, карпологический, диатомовый, остракодовый, маммологический, палеоэкологический и другие методы. Они используются при наличии в глинистых и биогенных осадках стариц и пойм остатков фауны и флоры, часто применяются при сопоставлении богатых ископаемыми остатками морских и дельтовых отложений с немymi континентальными толщами. Русловые и пойменные песчаные и галечниковые отложения, как правило, не содержат таких остатков.

При биостратиграфической корреляции, например по спорово-пыльцевым комплексам, в аллювии обычно учитывается, что, во-первых, не все виды спор и пыльцы в одинаковой степени сохраняются в галечниковых (слабо), песчаных и алевроитовых (наиболее хорошо) отложениях; во-вторых, благоприятными условиями для их захоронения и сохранения являются старичные и пойменные фации; в-третьих, осадки крупных речных артерий содержат, как правило, смесь пыльцы и спор различных ландшафтно-климатических зон. Во избежание неточностей в трактовке возраста осадков либо палеогеографической обстановки обычно применяется спорово-пыльцевой метод на близких территориях или в речных системах одной палеогеографической зоны. Для изучения спектров спор и пыльцы используются русловые, пойменные, старичные, озерно-аллювиальные осадки, санропели, гиттия, известковистые мергели, илы, наилки, погребенные почвы. С точки зрения информативности спектров и их представительности для корреляции обычно выделяют «чистые» спектры, отражающие в своем составе ботаническую зону места произрастания растений, и «смешанные», содержащие примесь спор и пыльцы иных зон. Таким образом, по пыльце может быть прослежен местный или транзитный аллювий.

Для целей корреляции учитываются следующие группы спектров: I. Озерных и озерно-аллювиальных отложений — а) озер, стариц, б) древних озерно-аллювиальных водоемов. II. Ал-

лювиальных отложений — 1) аллювия малых и средних рек одной ботанико-географической зоны, 2) аллювия крупных рек, пересекающих несколько ботанико-географических зон, в том числе рек: а) с регулярными непродолжительными паводками и переменной быстротой течений, б) с продолжительными паводками, медленным течением, с подпорными явлениями, в) с непродолжительными паводками и быстрым течением (Федорова, Сафарова, 1976).

Для целей корреляции в условиях речных долин применяются данные ориктоценозов, типичных для определенных фашиальных обстановок. Так, М. М. Одинцова и др. (1975) показали, что спорово-пыльцевые комплексы осадков лейаса, к которым приурочены алмазоносные россыпи Сибирской платформы, имеют различную палеоэкологическую и палеотафономическую характеристику в зависимости от пресноводных континентальных и солоноводных морских обстановок, а для аллювиальных толщ — и в зависимости от фаций. Ориктоценозы у осадков делювиально-пролювиальной фации представлены корневищами папоротников, стволами и листьями *Pityophyllum*, *Cycadocapidium*, мегаспорами *Triletes equidstantus* (редки), *Cheiropleuria compacta*, *Bolch*, *Dipteridaceae*, *Bennettitales* (много); фаций мелких потоков — кутикулами гинкговых, семенами *Samaropsis*, *Triletes plicatus* (часто), пыльцой хвойных, особенно древних групп (много); старично-пойменных фаций — семенами *Samaropsis*, *Triletes capillatus*, пыльцой гинкговых (много); пойменных отложений — остатками корней хвощей, *Triletes plicatus* (часто), *T. canicus* и *T. equidstantus* (редко), хвойных (много), среди спор диптеридиевыми и хейроплеуриевыми.

В зависимости от прочности мегаспор их отдельные виды тяготеют к осадкам различных аллювиальных фаций. В юрских отложениях Сибирской платформы *Triletes equidstantus* Bogd. и *T. batubicus* Bogd. накапливаются в русловых фациях, а *T. capillatus* Bogd. и *T. sigillatus* Bogd. — в пойменных, озерно-старичных и болотных (Богдасова, Стругов, 1975).

В осадках руслового аллювия верхнего плейстоцена — голоцена отмечаются комплексы моллюсков *Unio pictorum* L., *U. tumidus* phil., *U. crassus* phil., *Sphaerium rivicola* Lam., *Pisidium amnicum* Müll. и др. При этом показателями слабопроточных условий служат *Anaclouta cellensis* Gmellin, *A. cygneae* L., *Sphaerium corneum* L.; медленнотекущих вод — *Limnaea stagnalis* L., *Stagnicola palustris* Müll., *Radix ovata* Drap., *Coretus corneus* L., *Bathymphalus contortus* L.; речных затонов — *Valvata piscinalis* Müll., *Viviparus fasciatus* Müll., *Paraspira spirorbis* L.; болотно-старичных и озерных фаций — *Siccinea*, *Planorbis*, *Valvata*, *Bithyina*, *Spiralina* и др. (Сиднев, 1977). А. А. Хубка (1977) при корреляции прослеживал аллювий III и II террас Днестра, Прута и Дуная по *Unio* (*Eolymnium*) *tiberiadus*, а IV террасы — по *Viviparus diluvianus*.

В речных долинах костные остатки в основном приурочены к валунно-галечным отложениям русловой фации, пескам пойменной и илам и суглинкам старичной фаций. По находкам ископаемых

крупных млекопитающих *Archidis Kodon trogontherii wüsti*, *Elastotherium sibiricum Fischer*, *Megaloceros* sp. и др., встречаемых в гравийно-галечном аллювии Молдавии, Башкирии, Татарии и других мест, осадки коррелируются как нижнеплейстоценовые.

Большое значение для корреляции аллювиальных горизонтов имеют руководящие фаунистические и флористические остатки, последовательность их залегания в разрезе с учетом эволюционных черт и особенностей строения организмов, экологическое и эколого-геохимическое подобие животных и растительных комплексов. Геохимические особенности состава ископаемых остатков позволяют расширить и детализировать критерии корреляции, вести отбраковку костного материала при сопоставлениях и т. д.

### Стратиграфические методы

Основываются на сопоставлении положения речных осадков в стратиграфическом разрезе и общих закономерностях их изменений в вертикальном и горизонтальном направлениях. Сюда включается прежде всего корреляция, в основе которой лежит анализ осадочных ритмов — литологических, фациальных и др. (Попов и др., 1963; Ботвинкина, 1965; Карагодин, 1980). Применительно к аллювию он наиболее плодотворен при наличии нескольких пачек с четко выраженными фациальными признаками; менее используется при однородных песчаных толщах, в которых, однако, в отдельных случаях могут быть выявлены скрытая гранулометрическая или геохимическая ритмичность и цикличность.

Каждый цикл (пачка) речных осадков отражает смену русловой фации пойменной, вторичных водоемов пойм, старичной, болотной, зафиксированную в уменьшении размеров обломочных частиц вверх по разрезу, возрастании доли глинистых и органогенных прослоев, в переходе от косой слоистости к горизонтальной и т. д. Повторение циклов отражает изменения гидродинамического режима потоков, связанные с тектоническими движениями, переменами климата и областей сноса, сменой положения русла в долине.

Анализ аллювиальной цикличности лежит в основе корреляции и реконструкций угленосных, красноцветных, молассовидных формаций, а также метаморфизованных осадочных толщ, содержащих кварциты и гравелиты.

В рассматриваемых методах используются и прослеживаются: 1) маркирующие циклы в пределах формаций; 2) толщи, близкие по мощности и в процентном отношении имеющие аналогичные литологические (песчаники, алевролиты, аргиллиты, угли и др.), фациальные и генетические (аллювиальные, болотные, лагунные, дельтовые, прибрежно-морские) комплексы отложений; 3) периодичность и мощность регрессионных частей циклов и связанных с ними зон аллювиальных размывов; 4) характер изменений фаций и литологии отдельных горизонтов и циклов в горизонтальном направлении с учетом их фациальных, литологических изменений вверх по разрезу цикла (табл. 14).

Таблица 14

Сопоставление песчаников и алевролитов угленосных разрезов регрессионной части цикла в Донецком бассейне (Корреляция угленосных . . . , 1972)

Горизонт	Центральный район		Относительная кратность изменения мощности	Должанский район	
	фациальный характер отложений	мощность, м		фациальный характер отложений	мощность, м
$l_7$	Фация бара	7,3	3,3+	Аллювиальные осадки	24
$l_6^1$	Промежуточный между осадками речных выносов и баровыми	9,6	2,3+	Осадки речных выносов	22
$l_6$	Зоны волновой ряби лагунно-заливного побережья	4,6	3,0+	Осадки речных выносов (дельтовые)	13,5
$l_5$	Аллювиальные со слабой динамикой течения	21	1,1+	Осадки речных выносов	23,1
$l_4^1-l_5^1$	Осадки речных выносов	5,9	2,0+	Зона волновой ряби лагунно-заливного побережья	10,1
$l_4$	Фация бара	4,0	1,7+	Из зоны волновой ряби лагунно-заливного побережья	6,7
$l_2$	Аллювиальные осадки	20,2	1,1+	Аллювиальные осадки	24,8
$l_1$	То же	20	1,4+	То же	28

По существу рассматриваемые методы включают в себя элементы литологической, фациальной, биостратиграфической и в более широком смысле палеогеографической корреляции.

При реконструкции древних условий седиментогенеза, особенно в пограничных зонах суша—море, важное значение имеет установление и прослеживание перерывов в морском осадконакоплении. Обнаружение древних береговых линий — ключ к выявлению погребенных дельт и прослеживанию древних речных систем. Примером корреляции морских, дельтовых и аллювиальных отложений и палеорельефа в кайнозое являются работы Г. И. Горецкого (1964, 1970, 1980), в палеозое — В. С. Яблокова (1973) и др.

### Геоморфологические методы

Они находят широкое применение при корреляции. В частности, на основании детального геоморфологического картирования долины и морфологии русла р. Колорадо выделено 10 этапов формирования русла в антропогене и соответствующие им геоморфологические формы и осадки; установлено, что связи между шириной русла и формой, размерами и кривизной меандр, грануло-

метрией осадков, распределением реликтовых пойменных почв имеют взаимообусловленный и циклический характер и отражают изменения климата (рис. 5). Грубозернистые пески небольших изгибов речных фаз 6, 6А, 5 коррелируются с периодами сухостойкой растительности и высокими разливами при аридном климате, а тонкозернистые пески больших изгибов (6Б, 4) — с палеобиологическими показателями умеренных обстановок и более неустойчивым режимом потоков в условиях гумидного климата.

По данным взаимопереходов речных и морских террас Каспийского, флювиогляциальных и морских террас Черного моря разработана схема корреляции плейстоценовых террас. Изучение положения террас и аллювиальных отложений в долине р. Сулак позволило восстановить соотношение тектонических процессов и климатической обстановки на Кавказе в течение антропогена (Кожевников, 1977 и др.).

Детальное исследование геоморфологии Немана показало, что уровень террас 17—15 и 14—13 м коррелируется с фазами развития Балтийского ледникового озера в дриасе, а 10 м — с прорывом Немана в аллерёде. Отложения I надпойменной террасы этой реки сопоставляются с аллювием надпойменных террас Вислы, Западной Двины и других рек (Л. Н. Вознячук и др., 1977).

Для широких пространственно-временных корреляций и палеогеографических реконструкций осадконакопления и рельефа в антропогене В. А. Николаев (1976) предлагает опираться не на оледенения и межледниковья, а на данные по зарождению и развитию древних прарек и современной речной сети, поверхностей погребенных и современных водоразделов, по склоновым отложениям, т.е. исходить из развития геоморфологической системы «водораздел—склон—долина», при этом речная деятельность рельефообразования и формирования осадков рассматривается как основа корреляции. Он выделяет на Западно-Сибирской низменности четыре крупных этапа флювиальной деятельности: барнаульский (нижний—средний эоплейстоцен), тобольский (верхний эоплейстоцен—нижний плейстоцен), кулундинский (средний—поздний плейстоцен) и обский (поздний плейстоцен—голоцен) и разделяет их на свиты: нижнюю — русловую и верхнюю — пойменно-старичную. Общими для рек Западно-Сибирской низменности, Восточной Сибири и Западно-Европейской платформы являются заложение древних речных систем на рубеже среднего и верхнего плиоцена (I этап), наличие крупного эрозионного вреза до эпохи максимального оледенения (II), последнепровское развитие долин до их современного зарождения (III) и современное развитие речных долин (IV этап). По этим данным В. А. Николаевым выделяется нижняя граница антропогена, связанная с зарождением речной сети. Первые два этапа характеризуются как стадии развития великих прарек, последующие — переходные к формированию современного аллювия и речной сети.

На основе величин коэффициентов извилистости, длины и амплитуды меандр, радиуса кривизны береговых валов и меандр

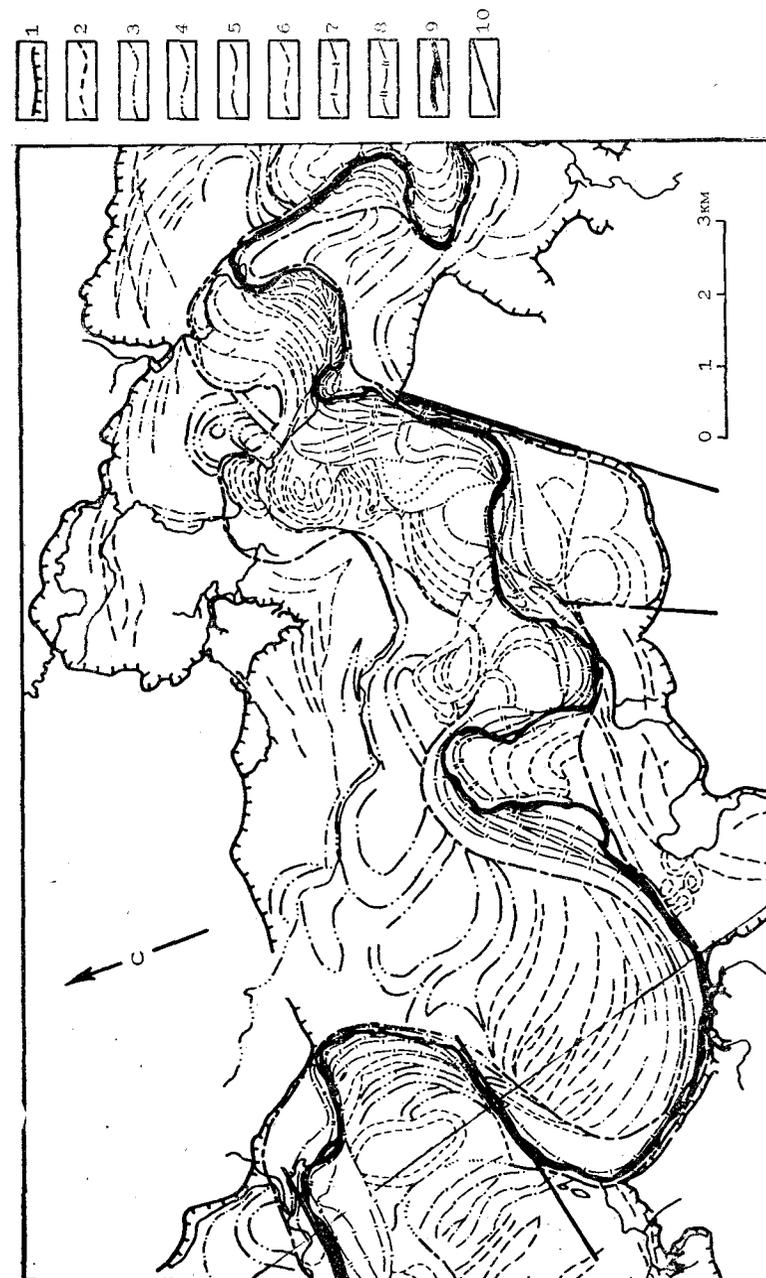


Рис. 5. Геоморфологическая карта аллювиальной долины р. Колорадо (Baker, Pentecado-Orellana, 1977): 1 — долина реки, 2 — русло фазы 6; 3 — фазы 6А; 4 — фазы 6Б; 5 — фазы 5; 6 — фазы 4; 7 — фазы 3; 8 — фазы 2; 9 — современная река; 10 — разлом

древних долин рек Дарлинг и Гоулберн показана коррелируемость процессов формирования оглождений и палеорельефа долин в ледниковое время на территории Австралии (Bowler и др., 1978).

Построение гипсометрических карт с целью выявления и прослеживания погребенной речной сети дает возможность выяснять историю развития современных рек, сопоставлять древнеаллювиальные отложения и реконструировать речную сеть, коррелировать аллювиальные толщи и горизонты в пространстве и во времени, процессы их седиментогенеза и рудогенеза, а на основе такой корреляции прогнозировать и вести поиски водоносных горизонтов, залежей гравия и песка, коллекторов нефти и газа, россыпей редких и рассеянных элементов.

### Литологические методы

Основываются на прослеживании: а) пород одинакового литологического, литолого-петрографического состава; б) отложений с аналогичными литологическими признаками — окраской, текстурами и структурами; в) пород-индикаторов определенных ландшафтных или климатических условий седиментогенеза (угля, пестроцветных песчаников и т. п.).

Среди этих методов корреляции могут быть выделены собственно литологический, структурный, текстурный, гранулометрический, углпетрографический и др. На повторяемости литологических признаков, отражающих смены фациальных, тектонических и других условий, основаны фациально-тектонические, фациально-циклические методы корреляции.

Красноцветные отложения содержат повышенные концентрации ярко-красного гематита и красновато-желтого лимонита, сочетания которых образуют породы от бурого до малинового цвета. Надо учитывать, что сингенетические окраски, особенно глин, являются часто показателями климата: красные и бурые — теплое, галевые — теплое без избытка влаги, пестроцветные — теплое с ее избытком. В ряде регионов по этим признакам устанавливаются и прослеживаются разновозрастные породы: например, в Средней Азии красноцветы обычно олигоценового возраста, пестроцветы — неогенового, серые и палево-серые осадки — верхнеплиоценового.

По наблюдениям Л. В. Зорина (1959), накопление глинистого аллювия создает благоприятные условия для образования в них мерзлотных структур, нередко являющихся сингенетическими. Это важно для палеогеографических реконструкций аллювиальных толщ, слагающих речные террасы в полярной зоне, и может быть использовано в качестве криогенного индикатора корреляции.

Окатыши, образующиеся при размыве глинистых пород, переносятся речными водами на большие расстояния и могут быть коррелированы стратиграфических разрезов (например, окатыши в горизонте брестского возраста на Днепре; Кузнецов, 1973б).

Предложен метод корреляции четвертичных отложений, основанный на исследовании строения и состава корок выветривания

на речной гальке, представленных новообразованиями железистых окислов и глинистых минералов. Метод был использован при корреляции речных отложений Пиренеев и Корсики (Bieda e. a., 1977).

### Минералогические методы

Основываются на прослеживании аллювиальных отложений по сходству отдельных минералов или их парагенетических ассоциаций. Методы эффективны для немых толщ, особенно в тех случаях, когда в определенные этапы развития речной долины сохранялись одни и те же питающие провинции. Для корреляции используются аллотигенные минералы тяжелой фракции, четко диагностируемые и мало изменяемые диагенетическими и эпигенетическими процессами, типоморфные признаки отдельных минералов мелкопесчаной и грубоалевритовой размерности 0,1—0,05 мм (характер поверхности, форма кристаллов, цвет, двойникование, включения и т. д.). При этом необходим учет литологического типа и фациальной принадлежности отложений. Ряд дополнительных сведений для корреляции дает знание минералогических особенностей пород питающих провинций и источников сноса. В последнее время выполнены исследования (Blatt e. a., 1972; Симанович, 1978), позволяющие по структурным дефектам, минеральным, газовым и жидким включениям, форме, цвету и другим признакам обломочного кварца реконструировать его генетическую природу, что открывает новые возможности для корреляции осадков и источников сноса, стадий эпигенетических и метаморфических преобразований кварцевых пород, в том числе связанных с аллювиальными комплексами докембрия.

Полезны сопоставления, основанные на величинах следующих минералогических коэффициентов, которые с позиций аллювиального литогенеза отражают определенные процессы и факторы осадконакопления: 1) кварцево-алюмосиликатный коэффициент — отношение содержания кварца и алюмосиликатов — показатель степени перемыва, дифференциации и дальности переноса речного материала, в определенной мере характера материнских пород и степени их выветривания; 2) влияния местных пород — отношение содержания суммы роговой обманки и граната к суммарному содержанию дистена, ставролита и силлиманита — показатель состава материнских пород и дальности речного переноса; 3) источника питания — отношение содержания роговой обманки к эпидоту; 4) коэффициент Руэ — отношение (циркон+турмалин) : (роговая обманка+пироксен) — показатель степени выветривания минералов в процессе речного переноса и осадконакопления, а также степени пойменного педогенеза; 5) отношение содержания ильменита и роговой обманки — показатель выветривания в процессе речного переноса, а также неотектонических движений; 6) выветрелости — отношение содержания суммы аллотигенных к аутигенным минералам — показатель степени гипергенных изменений и новоминералообразования в аллювиальной толще; 7) коэффициент «фаци-

альности» — отношение количества минералов в русловой фации к их содержанию в пойменной фации, рассчитываемое отдельно от суммы устойчивых и неустойчивых минералов. Различия в величинах этих коэффициентов тем четче, чем крупнее река, т. е. коэффициенты также отражают динамику речного потока.

Автором совместно с С. Л. Шиманович были раскрыты различия аллювия александрийского и шкловского возраста на территории Белоруссии по величине коэффициентов влияния местных пород и источника питания. Степень изменения коэффициентов: кварцево-полевошпатового, Руэ, источника питания, выветрелости и других у осадков I и II надпойменных террас Днепра была использована для корреляции речных отложений, а также уточнения палеогеографического развития долины и условий литогенеза. Наиболее показательными для корреляции и уточнения возрастной и палеогеографической принадлежности аллювиальных комплексов оказалось применение коэффициентов кварцево-алюмосиликатного, влияния местных пород и источника питания.

При палеогеографических реконструкциях на основе минералогического состава отложений используются также коэффициенты: мономинеральности — отношение количества устойчивых к химическому выветриванию минералов к количеству неустойчивых; зрелости пород — разность максимальных и минимальных содержаний устойчивых к химическому выветриванию компонентов в терригенной фракции; палеогеографический коэффициент — отношение количества устойчивых к выветриванию минералов к количеству неустойчивых в тяжелой фракции песчано-алевритовых частей породы.

В качестве диагностических показателей фациальных обстановок в современной дельте р. Бурдекин (Австралия) использованы кварц и обломки пород: для осадков речных и приливно-отливных каналов содержание кварца составляло 37,2%, обломков пород — 43,2% и средний размер зерен кварца был 1,1 мм; береговых валов — соответственно 46,0; 12,2% и 0,3 мм; пляжевых дюн — 47,0; 21,3% и 0,52 мм; низкой приливно-отливной равнины — 56,5; 16,0% и 0,35 мм. Этот подход был применен для выяснения палеогеографических условий древней дельты р. Кейзевил и прослеживания ее отложений пенсильванского возраста (Ethridge e. a., 1975).

### Методы геохимической корреляции

Выделяются следующие основные методы геохимической корреляции: по парагенезисам химических элементов в речном осадке; литогеохимическим особенностям осадков с учетом их фациальной принадлежности и положения в долине; геохимическим и кристаллическим характеристикам минералов, биогеохимическим данным; гидрохимическому составу поровых растворов пород аллювиальных горизонтов; закономерностям содержаний элементов в экстрактах речных отложений; абсолютному возрасту; изотопному составу; техногеохимическим особенностям осадков; по

физико-химическим свойствам отложений и др. Охарактеризуем эти методы подробнее.

**Корреляция по парагенезисам химических элементов.** Предложена А. Е. Ферсманом (1939) для поисков полезных ископаемых. Может быть использована для корреляции речных осадков с одинаковыми потоками вторичного рассеяния рудных элементов, а также корреляции аллювия и рудоносных территорий. Применяются следующие закономерные сочетания рудных элементов в речном осадке: Li—Be—B; Fe—Ba—Pb; F—Al—(P); Mg—Fe—Cr(Ni); P—Ca—(TR); S — тяжелые битумы; S—Sr—битумы; Cl—Na—(K, Rb, Cs, Ca, Mg); K—Rb—Cs—(Li); Ca—Na; Sc—Mg; Ti—Fe—(Ca); V—U—Ra—битумы; Cr—Ni—Mg—Fe; Fe—Co—Ni—Cr; Co—Ni—Fe—Mn; Ni—Co—Fe; Zn—Cd—Ca—Ce—In; Zn—Pb—Ag; As—Au; B—Cl—J—(Cs, Rb); Rb—Cs; Sr—SO<sub>4</sub><sup>3-</sup> — доломиты; Zr—Ti—(Nb, Ta); Nb—Ta—Ti—Zr; Mo—W—(Sn); Ag—Pb—Co; Cd—Zn; Sn—W—Li; Sb—As—S; Te—Au—Ag—Hg; J—Br—Cl; Cs—Pb—(Li); Ba—(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)—(Pb); W—Sn—(Au); Au—Ag—As—(Te); Hg—As—Sb; Pb—(Zn); Th—TR; U—Ra—(V, As, P).

**Корреляция по литогеохимическим особенностям осадков.** Д. П. Малюга (1947) применял отношения Co:Ni:Cu и Co:Ni:Cu:Fe:Mn для корреляции пермской пестроцветной толщи в волжско-уральской нефтяной области, выделения маркирующих горизонтов и разделения дельтовых и континентальных обстановок осадконакопления.

Для корреляции и районирования аллювия мы предлагаем применять закономерности фонового распределения V, Cr, Ni, Cu, Zr, Ti, Mn и величин отношений SiO<sub>2</sub>:Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO:MgO, (CaO+K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O):Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cr:Ni, Mn:Ni, Ti:Zr, Zr:Ni в аллювиальных отложениях и их фациальных разностях с учетом связей состава речных осадков со строением и литологией бассейна эрозии, закономерностей дифференциации аллювия по фациальным комплексам, а также вниз по течению рек, вкрест простирания долин. В частности, эти показатели были использованы для разделения верхнеплиоценовых и нижнечетвертичных аллювиальных осадков Белоруссии: а) повышенные величины отношений Si:Al для верхнеплиоценовых осадков; б) более высокие (в 1,5—2 раза) концентрации V, Cr, Ni, Cu и низкие Zr, Mn в плиоценовых глинах по отношению к четвертичным; в) высокие содержания окислов (Fe в 5, Ca в 39 и Mg в 16 раз) в составе четвертичных глин по отношению к плиоценовым. Эти различия отложений обусловлены изменениями климата, гидрогеологического режима потоков, сменой питающих провинций и геологических факторов литогенеза на указанных возрастных рубежах. Используются также коэффициенты концентрации, т. е. степень концентрации элемента в речном осадке по отношению к его кларку, ряды микроэлементов в глинах, алевритах и песчаниках аллювиальных толщ, отношение Cr:Ni; Mn:Ni; Ti:Zr; Zr:Ni; Ni:V; (Ti+Zr):(Cu+V); (Ti+Zr):Mn; (Ti+Zr):(Ni+Cu) и др. (Кузнецов, 1973б; Боброва и др., 1977).

Э. Н. Янов (1971) для разделения морских и дельтовых отложений с целью палеогеографических реконструкций и корреляций предложил применять величины отношений: для известняков — Sr:Ba; Fe:Mn; Al:Ti; Mn:Cu; V:Cu, аргиллитов — Sr:Ba; Al:Ti; V:Zr; Zr:Cu, алевролитов — V:Zr; Zr:Cu, для песчаников — V:Zr; V:Cu; Sr:Ba; Mn:Cu. При использовании этих геохимических коэффициентов отдается предпочтение известнякам и аргиллитам.

Для корреляции и районирования площадей распространения аллювия в связи с поисками россыпей используются наряду с минералогическими данными величины концентраций микроэлементов во фракциях и шлихах (Лунев, 1967; Hosking e. a., 1962, 1963), в глинистой составляющей русловых осадков и их экстрактах (Политарпочкин, 1963; Webb e. a., 1965б, 1968; Кузнецов и др., 1979).

**Корреляция по геохимическим особенностям терригенных и гипергенных минералов.** Основывается на анализе содержаний микроэлементов в минералах, особенно минералах — концентраторах редких и рассеянных элементов. Этот метод важен не только для прослеживания горизонтов аллювия, но и связей речных осадков с коренными породами, рудными полями и месторождениями.

По концентрациям Se, Li, Ti, W, Zr, Ta, Nb в касситеритах, La, Ce, Nd в ортитах, V, Cr, Mn, Ti, Ca, Mg в магнетитах, In, Cd, Ga, Ta в галенитах, Sn, Zn, W в биотите, сфене, ильмените, роговой обманке и магнетите, Zn, Cu в пироксене, Sn в гранате, турмалине, хлорите, по величинам Zr:Hf в цирконах, La:Ce:Nb:Th в монацитах, встречаемых в аллювии, могут быть прослежены отдельные горизонты аллювия, ореолы и потоки рассеяния в речных долинах, установлены его связи с продуктами разрушения определенных типов горных пород и рудных месторождений, а также охарактеризованы геохимические, генетические, температурные условия формирования коренных пород, глубинность размыва и другие сведения о коренных источниках. Рассматриваемые приемы обобщены А. В. Костеринным (1972). Они применялись автором данной работы при изучении погребенного аллювия переуглубленных ложбин ледниковой экзарации Белоруссии (о чем подробнее см. гл. V).

Как уже отмечалось, гипергенные образования в аллювии содержат повышенные концентрации микроэлементов, отражая особенности условий и процессов литогенеза. В связи с этим по концентрациям Zn, Cd, Cu, Co, Ni, V, Pb, As, Au, Ag, Ga в лимонитах, Cu, Li, Ni, Co, Zn, W, Be в вадах, Zn, Pb, Sr, As в карбонатах речные осадки коррелируются с определенными типами месторождений и степенью развития зон окисления и кор выветривания.

В качестве коррелянтов и индикаторов условий образования используются конкреции следующих минералов: 1) для угольных пластов, характеризующих болота на речных и лагунных отложениях, — сидероплизит и сидерит, а на приморских равнинах — сидероплизит, анкерит, доломит и кальцит; 2) в карбонатных конкрециях прирусловой и дельтовой фаций обычно повышены содержания  $\text{CaCO}_3$  (37—53%), минимум  $\text{FeCO}_3$  (25—38), а в глубоко-

водных бассейнах — минимум  $\text{CaCO}_3$  (5—9) и максимум  $\text{FeCO}_3$  (60—88%); 3) в пиритовых конкрециях коррелянтами разных фациальных обстановок суши являются Ti, Zr, Ga, Ba; 4) континентальные пресноводные конкреции карбонатных минералов по отношению к морским имеют повышенные концентрации Mn, Cr, V, Ni, Cu (Конкреции..., 1973).

**Корреляция по микроэлементам экстрактов из аллювиальных отложений.** Э. Дегенс (1967) использовал для корреляции различия в концентрациях B, Li, Ga, Cr во фракции глинистых минералов, Fe, Mn, Ag — фракции окислов, Cu, Zn, Ag — в органогенной, Mn, Cd — в карбонатной, Co, Cu, Ag — в сульфидной фракциях. Дж. Вебб (Webb e. a., 1963) применял величины отношений экстракционной и валовой форм меди и цинка для уточнения фациальных условий седиментогенеза и корреляции отложений. Однако этот вид корреляции пока не получил широкого применения. В настоящее время автором вместе с сотрудниками сделаны новые разработки по получению экстрактов и выяснению отдельных форм нахождения в них элементов для информации палеогеографических и климатических условий аллювиального литогенеза, поисков коренных руд по аллювию, разделения пресноводных и морских отложений (Кузнецов и др., 1979; Кузнецов, Шимко, 1980).

**Корреляция по абсолютному возрасту осадков.** Корреляция по абсолютному летосчислению основывается на данных радиоуглеродного (возрастные пределы: голоцен — поздний плейстоцен), калий-аргонового (средний плейстоцен — плиоцен) методов.

По радиоуглеродным датировкам аллювия проведена корреляция речных террас Русской равнины, долинных форм рельефа в области последнего оледенения в Европе, раскрыты взаимоотношения пойм и надпойменных террас Сибири, скоррелированы отложения торфа, речных галечников и ореолы распространения насекомых в аллювии вторых надпойменных террас рек Великобритании, а также взаимоотношения осадков террасы Темзы и морской трансгрессии. В бассейне р. Конго по радиоуглеродным данным показано, что базальные галечники и темноцветные глины были сформированы  $38000 \pm 2500$  лет назад (первая половина гемблейского плювиала), верхние галечники  $14\,503 \pm 560$  (поздний гемблей), пески  $11\,189 \pm 490$  (конец гембля) и торфянистая глина  $6830 \pm 120$  лет назад (макалийская фаза); при этом отложения скоррелированы с изменениями климата, растительности и развитием материальной культуры каменного века в Африке (Серебряный, 1965).

Радиоуглеродным методом при изучении террас Печорской низменности выявлено, что аллювий роговской свиты сформировался в интервале  $36080 \pm 1780$ — $45280 \pm 1200$  лет, аллювий после поздневалдайского ледника  $12260 \pm 180$ — $12360 \pm 170$  лет назад; прослежена серия погребенных долин плейстоценового возраста; при изучении отложений Чукотки определен возраст и прослежен аллювий I и II надпойменных террас рек полуострова и скоррелированы процессы седиментогенеза рек и морских трансгрессий (Свиточ и др., 1977).

По радиоуглеродной датировке древесины (11830 лет) и костных остатков мамонтов (12240 лет) уточнены возраст пойменно-старичных отложений р. Берелех в Якутии и время крупного захоронения этих животных (Верещагин, 1977).

На территории Белоруссии по  $^{14}\text{C}$  проведена корреляция аллювия террас Немана, Западной Двины и Днепра (Вознячук и др., 1969).

В Японии в долине р. Там вскрыта аллювиальная формация мощностью около 50 м. Возраст отдельных ее толщ по  $^{14}\text{C}$  составляет 0—3,5 тыс., 3,5—5 тыс., 5—10 тыс., более 10 тыс. и свыше 20 тыс. лет. Каждая из этих толщ коррелируется с определенными этапами развития долины. По результатам радиоуглеродных исследований показана синхронность формирования осадков рек Темзы и Северна в Англии (Coore, Sands, 1966).

**Корреляция по изотопному составу.** По величинам отношений  $^{12}\text{C} : ^{13}\text{C}$  в органическом и карбонатном веществе,  $^{16}\text{O} : ^{18}\text{O}$  в кварце, магнетите и кальците,  $^{40}\text{Ca} : ^{40}\text{Ar}$  в слюдах и полевых шпатах,  $^{32}\text{S} : ^{34}\text{S}$  в сульфидах,  $^{206}\text{Pb} : ^{207}\text{Pb} : ^{208}\text{Pb}$  в галените речных отложений может быть получена ценная информация о генезисе, процессах и обстановках формирования коренных пород, на основании чего проводится корреляция осадков речных долин и горных пород, руд водоразделов.

**Корреляция по биогеохимическим данным.** Растительные ассоциации, флористические, физиологические, морфологические, фитоценотические и химические особенности растений используются для прослеживания аллювиальных отложений. Так, по ассоциации астрагалового и бобовникового тугая картируются и коррелируются площади распространения аллювиальных супесей, а по пырейному и гребенщиковому тугая — аллювиальных суглинков в низовьях р. Амударьи (Граве, 1936).

Растительные остатки и их ассоциации в погребенных аллювиальных толщах являются показателями возраста, климата, режима и направлений речных потоков, что используется для возрастной и палеогеографической корреляции древних аллювиальных и дельтовых отложений, а также при поисках месторождений урана, меди и других элементов.

Исследованы закономерности распространения микроэлементов в костных остатках млекопитающих и рыб, раскрывающие новые возможности для реконструкции процессов аллювиального литогенеза и корреляции речных осадков (Кузнецов, Калиновский, 1979, 1980).

**Корреляция по составу поровых растворов аллювиальных горизонтов.** Состав поровых растворов, находящихся в динамической взаимосвязи с вмещающими породами, отражает не только процессы в системе раствор — порода, но и особенности условий накопления осадков и их эпигенетических преобразований. Содержания Na, Cl,  $\text{SO}_4$ , Ca и величины их отношений различаются в зависимости от пресноводных и соленоводных обстановок осадконакопления, возраста осадков и могут выступать в качестве корреля-

ционных признаков при сопоставлении и прослеживании отложений в речных долинах и дельтах. Примеры использования растворов приводятся в следующей главе.

**Корреляция по техногеохимическим особенностям состава речных осадков.** Техногеохимические ореолы и потоки рассеяния пространственно тяготеют к городам, промышленным центрам и другим местам деятельности человека и характеризуются наличием химических элементов и ассоциаций, нередко в аномальных концентрациях и в не свойственных окружающей природной обстановке сочетаниях, связью химических элементов с искусственными соединениями. Такие ореолы в ландшафтах часто сопровождаются развитием эндемических явлений, ранее не отмечавшихся на данной территории.

Формирование техногеохимических ореолов вызывается залповыми сбросами в реки химических и бытовых отходов, постепенным накоплением в долинных осадках, почвах и ландшафтах техногенных химических элементов и их соединений, поступающих в речные долины в малых количествах, концентрированием химических элементов в долине техногенными адсорбентами и металлургическими соединениями, а также обнажением глубинных пород, руд и водоносных горизонтов при добыче полезных ископаемых в речной долине, смывом минеральных солей с сельскохозяйственных полей, загрязнении ландшафтов долин и вод рек от наземных и водных транспортных средств и т. д.

Близ городов речные осадки и воды обогащены Cl,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{C}_{\text{орг}}$ , имеют дефицит  $\text{O}_2$ . Около предприятий атомной промышленности отмечаются радионуклиды  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{22}\text{Cm}$ ,  $^{22}\text{Na}$ ,  $^{85}\text{Sr}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{59}\text{Fe}$ ,  $^{65}\text{Zn}$ ,  $^{131}\text{I}$ , которые мигрируют в речных водах с органоминеральными соединениями и попадают в пойменные осадки, почвы, растения и грунтовые воды. Вблизи нефтеперерабатывающих заводов накапливаются сульфаты, сероводород, нефтепродукты. От алюминиевых, станкостроительных заводов поступают в речные долины Al, Ti, Cr, фенолы, цианиды, сульфаты, от горнодобывающих предприятий — Pb, Zn, Cd, U, Cu и другие металлы. Промышленные и коммунальные отходы от крупных городов загрязняют речные долины  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , K, Na, S, Pb, Co, P, Fe, Cu, Cd, Ni, Zn.

В районах горнодобывающей и перерабатывающей промышленности ФРГ в связи с загрязнением промышленными стоками степень концентрации в речных осадках возросла для Cd в 100 раз, Pb и Hg—20, Zn—15, Cu—5, Cr—4, Ni и Co — в 3 раза. Выявлены повышенные концентрации Hg (до 10,4 мг/кг), а также Cr, Zn, Cd в почвах Голландии, связанные с орошением долин водами Рейна. Концентрации Pb, Hg, Cu, Ni от промышленных загрязнений здесь возросли в речных осадках до 45 раз (Frissel e. a., 1974; Vanat, Forsther e. a., 1972).

В Великобритании содержания Cu, Zn, As в речных водах и в экстрактах фракции —80 меш осадков рек и дельт оказываются настолько высокими в районах действующих и заброшенных руд-

ников, что в ряде случаев исключается возможность поиска скрытых месторождений, а аллювиальные почвы пойм сильно обогащены Pb, Zn, вследствие чего они не пригодны для сельскохозяйственного использования (Hosking, Obial, 1966; Davies, Lewin, 1974).

В Канаде возникновение локальных аномалий Hg, Pb, Cu, Zn, Co, Cr, Mn и Fe в донных осадках рек связано со сбросами промышленных и бытовых вод (Oliver, 1973). Воды и осадки рек США загрязнены промышленными отходами, в них повышены концентрации As, Cd, Co, Zn, Pb, Hg (Fleisher, 1973).

Смывы с сельскохозяйственных полей и ферм, использующих химические удобрения, пестициды и другие химикаты, ведут к накоплению в речных водах, осадках и пойменных почвах  $\text{NO}_3^-$ , P, S, Ca, Al, Mg, K, Cl, пестицидов ДДТ, ПХП, ПКП, ГХЦГ.

Ветровая эрозия почв Белоруссии в местах мелиорации земель, вырубки лесов и интенсивной распашки сопровождается понижением в почвах содержания  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ , CaO,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{C}_{\text{орг}}$ , подвижных форм Mn, Co, Cu, Mo (Зайко, Лобач, 1976). Эти химические элементы по указанной причине могут поступать в аллювиальный перенос и отложения. Влияние эрозии сельскохозяйственных угодий в долине Днепра с формированием конусов выноса, выступающих в русле реки от оврагов и балок, отмечается В. Н. Евцехевичем (1976). Он описывает примеры полного заиления водохранилищ, создаваемых в руслах небольших рек.

Техногеохимические реакции на состав речных осадков и вод Белоруссии охарактеризованы в работах Л. М. Фоменко (1978), В. А. Кузнецова и др. (1980, 1981), в которых особое внимание уделено формам распространения микроэлементов в наилках, что важно для понимания техногенной миграции элементов и, следовательно, для разработки некоторых приемов корреляции.

Приемы корреляции по техногеохимическим данным еще недостаточно разработаны. При корреляции этим методом необходимо предварительное изучение характера химических загрязнений и уровней концентрации техногенных элементов, выяснение истории промышленных районов и уточнение мест добычи и переработки сырья. Большое внимание должно уделяться исследованию рек и дельт, которые не были в зоне техногенных воздействий или были менее им подвержены. Должны быть расширены исследования по выяснению масштабов и характера техногенных воздействий, районированию территорий по специфике техногенных реакций на ландшафты и их составляющие, определению сущности физико-химических и геохимических трансформаций в ландшафтах долин и геохимическому прогнозу последствий этих процессов, по исследованию эндемических явлений у растений, животных и человека. Классификация техногенных ореолов в речных долинах и некоторые задачи их изучения изложены в работе В. А. Кузнецова (1976).

**Корреляция по физико-механическим свойствам отложений.** Для корреляций и реконструкций аллювиальных отложений могут быть использованы материалы по физико-механическим свойствам горных пород, тесно связанным с их минералогическим и химиче-

ским составом. Так, В. С. Веред (1975) охарактеризовал зависимости величин временного сопротивления сжатия, сопротивления на разрыв, общей пористости от генетических и фациальных обстановок формирования песчаников и степени их углефикации. Характерно промежуточное положение аллювиальных пород по первым двум показателям и резкое выделение их по третьему, при этом отличия пород выступают неодинаково при различной степени их углефикации.

Б. Г. Еськовым (1974, 1977) всесторонне исследованы инженерно-геологические свойства речных осадков, связанные с их литологией, фациальными условиями, возрастом и зонально-региональными особенностями аллювия и его изменением вниз по речной долине. Показано, что в песчаных отложениях ряда фаций прирусловый вал — периферийно-русловая — пляжевая — русловая снижаются сжимаемость песков, средняя плотность их скелета естественного сложения, возрастает средняя плотность скелета в предельных рыхлом и плотном состояниях; в ряду отложений болот — стариц — поймы снижаются пластичность, молекулярная влагоемкость, влажность и сжимаемость и возрастает относительная и средняя плотность скелета и сцепление грунтов; в ряду супесь — суглинков — глина увеличиваются пластичность, плотность, гигроскопическая влажность; вниз по долине у аллювиальных глинистых грунтов возрастают плотность, сжимаемость и влажность. Эти данные позволили идентифицировать и скоррелировать отложения погребенного, а также террасового и пойменного аллювия Среднего Днепра, выявить различия в водно-физических свойствах осадков водохранилищ и стариц Днепра, с одной стороны, и Черного моря — с другой, проследить границу между древнечерноморскими и новозвксинскими отложениями, не всегда определяемую визуально.

Фильтрационные свойства речных отложений определяются их составом, возрастом, фациальными и геоморфологическими условиями отложений. Показано, что аллювий ряда рек Средней Азии в местах его выхода в речных долинах имеет фильтрационный показатель 160—180 м/сут, в центральной части конуса от 30—56 до 200—500, а у погребенных горизонтов от 25—30 до 0,5—1,5 м/сут. Выявленные зоны неодинаковых фильтрационных характеристик используются для геологической корреляции и других целей (Вартельский и др., 1975).

### Педологические методы

Корреляция основывается на прослеживании погребенных почвенных горизонтов, имеющих сходные радиоуглеродный возраст, геохимические закономерности распределения микроэлементов, гипергенные новообразования, близкие составы и стадии трансформации органического вещества.

А. П. Феофилова, Б. П. Градусов (1975), исследуя погребенные почвы под продуктивными свитами карбона Донбасса, показали, что существуют зависимости между минералогическим составом их

глинистой составляющей, содержанием щелочных и щелочно-земельных элементов и положением почв в зависимости от фациальных и геоморфологических условий, удаленности от морского побережья и дренированности почв. Эти закономерности и выделенные типы погребенных почв были использованы для реконструкции ландшафтных условий аллювиальных равнин каменноугольного возраста и корреляции отложений.

### Геофизические методы корреляции

Они основаны на сопоставлениях речных отложений и их минералов по физическим свойствам (радиоактивным, магнитным, электрическим, сейсмическим, люминесцентным и др.).

Для корреляции широко используются гамма-гамма-каротаж (ГГК), гамма-каротаж (ГК), нейтронный каротаж (НК), каротаж сопротивления (КС), электрозондирование, магнитные и палеомагнитные, сейсмические методы. При этом геофизические корреляции должны сочетаться с выяснением литологических, минералогических и геохимических особенностей состава пород и горизонтов, уточняющих природу геофизических характеристик пород и аномалий. По максимумам на диаграммах ГГК, КС, ГК хорошо выделяются в разрезах и прослеживаются угольные прослои, максимумам ГК и минимумам КС — аргиллиты, алевроиты, по пикам КС и малой радиоактивности — пласты песчаников. Корреляция по геофизическим данным включает: а) анализ величины максимумов и минимумов на каротажных диаграммах; б) анализ сочетаний повышенных пиков и их изменений по разрезу; в) сопоставление данных каротажа различными геофизическими методами. Указанные приемы особенно эффективны при прослеживании аллювиальных формаций, связанных с приморскими, речными и дельтовыми равнинами и реконструируемых в связи с поисками углей, россыпей редких и рассеянных элементов.

В Бразилии при исследовании погребенных речных долин, содержащих обогащенные касситеритом отложения, применялось электрозондирование, позволившее отбивать и прослеживать погребенные русла и контуры долин, и сейсмондирование, уточнявшее границу аллювия и ложа гранитного массива (Davino, 1976).

В СССР по данным электрического сопротивления отбиваются разрезы аллювиально-пролювиальных отложений, определяется рельеф древних погребенных речных долин (Синельников, Нюсор, 1977).

По магнитным свойствам выделяются и прослеживаются надводно-дельтовые породы, отличающиеся по величинам намагничивания от подводно-дельтовых и прибрежно-морских отложений. Методом коннекции выделяются ритмозоны, соответствующие стратиграфическим и литологическим ритмам, на основе которых проводится корреляция разрезов и фаций.

По материалам магнитных и сейсмических исследований в речных долинах на глубине прослеживается дно и погребенные скло-

ны, мощности аллювиальных отложений и площади водоносных горизонтов аллювия, а также выясняются литолого-петрографические особенности коренных пород. Так, в долинах рек Ганга и Сены в Индии по величинам годографа преломленных волн выделены покровные наносы (300—400 м/с), аллювиальные горизонты (1700—1900) и площади ложа долины, сложенные породами вандея (4500—5200) и архея (5200—5600 м/с). Скоростная характеристика среды, выявленная при сейсмических исследованиях и сочетаемая с магнитными исследованиями, позволила проследить аллювиальные горизонты и изменения их мощностей вниз по погребенным долинам (Vose и др., 1976).

Корреляция по палеомагнитным данным основывается на выделении крупных рубежей инверсии магнитного поля Земли Брюнес — Матуяма, Гаусс — Матуяма, Джилберта — Матуяма или их более мелких инверсионных эпизодов. Так, палеомагнитными исследованиями показано, что дельта Бредокра в Швеции формировалась на протяжении 85 лет и связана с инверсией геомагнитного поля 12350—12400 лет назад (Mörner, 1975).

При поисках урановых залежей в долинах используются данные по тепловым полям наряду с изучением величин радиоактивности пород, содержания радона и гелия в почвах и речной воде (Bowie, 1977).

Термолюминесцентный метод, основанный на люминесценции кварца при его нагревании до 150—300 °С и связанный с примесями Fe, Ti, Ce, Al и других элементов, используется для детальной стратификации позднеплейстоценовых и плиоценовых отложений и корреляции их разрезов, в частности осадков IV надпойменной террасы Днепра в пределах Днепровско-Донецкой впадины (Чугунный и др., 1976).

### Корреляция по данным космических исследований

Основывается на взаимосвязи космических и геологических процессов и является одной из наиболее перспективных, особенно для глобальных и межрегиональных корреляций, так как периодичность общеземных тектонических, климатических и геохимических процессов во многом определяется степенью солнечной активности, изменениями положения земной оси и скорости вращения Земли от космических причин, положением нашей планеты в галактике и другими космогенными факторами.

К достоинствам рассматриваемых методов корреляции принадлежат, во-первых, большая обзорность, одновременный охват многих речных систем и бассейнов, во-вторых, более широкие возможности сопоставления аллювия с другими типами пород и аллювиальных процессов с различными природными явлениями.

Наблюдения со спутников и космических лабораторий позволяют прослеживать площади затоплений речными паводками и выносов обломочного материала в дельтовых областях, территории засоленности, границы речных и морских зон осадконакопления,

выявлять и коррелировать системы палеорек и погребенных речных долин, выяснять ореолы техногенных загрязнений в дельтах и эстуариях.

На основе многозональной фотографии из космоса дешифрируются и прослеживаются участки речных долин и аллювиальных отложений горных районов. Так, например, были сделаны снимки нижнего течения Волги и северной части Каспийского моря, позволившие проследить древнюю волжскую долину, расположенную юго-западнее ее современного положения, выяснить связи долины с глубинным тектоническим строением и неотектоническими движениями. По космическим снимкам уточнена граница позднеплейстоценовых аллювиальных и пролювиальных отложений Чуйской впадины, прослежены сухие дельты рек Чу и Сарысу, раскрыта тектоническая природа изменений контуров долины Сырдарьи, обнаружена Чуйская палеодолина, выявлены притоки некоторых рек труднодоступных районов Памира и Тянь-Шаня (Волчегурский и др., 1977; Соловьева, 1977).

Инфракрасная съемка различных диапазонов со спутников позволила в горных областях различать площади, сложенные аллювиальными и пролювиальными осадками, территории распространения аллювиально-пролювиальных отложений неоген-четвертичного возраста в Ферганской впадине; проследить и сопоставить комплексы аллювиально-пролювиальных отложений террас в долине Сырдарьи, четко картировать ее пойменные фации. Космические снимки Памиро-Тянь-Шаньского региона помогли раскрыть взаимосвязи речных долин с линеаментами, дали возможность оценить области распространения пород различной степени устойчивости к эрозии и речной денудации (Геологическое изучение..., 1978).

С помощью фотоснимков со спутника установлено, что оз. Сиглеменкат на Аляске имеет метеоритную природу, что подтверждается также высокими содержаниями никеля в осадках рек близлежащей территории (Moscow News, 1978, № 4).

Наблюдения из космоса позволили скоррелировать районы различной морфологии речной сети бассейна Амазонки и выделить три типа рек с разными величинами коэффициентов извилистости долин, а также связать их с геологическими обстановками, обусловленными влиянием литологии эродируемых пород и тектоники (Holz e. a., 1977).

### Археологические методы

Во Франции в аллювиальных песках долины Луары обнаружена индустрия верхнего ашеля, в аллювии нижней террасы Соммы — позднего перигора, верхней террасы — индустрия мустье вместе с мамонтовой фауной, в аллювии долины Соны — различные рубила клантонского типа. По остаткам мустьерской культуры коррелируются речные отложения округов Шампань и Арден (Combiere, 1976; Chertier, 1976 e. a.).

В США по радиоуглеродному возрасту керамики доколумбовой

эпохи и древесного угля, найденных в аллювии террас (соответственно  $2800 \pm 250$  и  $2230 \pm 250$  лет), скоррелированы циклы врезания рек, аккумуляции осадков в долинах и этапы формирования террасовых уровней (Leopold, 1976).

В Сирии по находкам в речных осадках ошельских и левалузских каменных орудий прослежены террасовые уровни рек Нахр и Кебир и дано их сопоставление с террасами других рек Ближнего Востока (Besançon e. a., 1977).

### Комплексирование методов при корреляции

Ни один из рассмотренных способов корреляции, взятых в отрыве от других методов и материалов, не может считаться полным. Поэтому успех корреляции во многом определяется ее комплексностью. В таком подходе всегда надо иметь в виду два обстоятельства: во-первых, значимость и представительность каждого метода в комплексе (главные, вспомогательные и второстепенные методы), во-вторых, масштабность сопоставления, отражаемая применяемым методом, геологического процесса или обстановки (узколокальная, внутри- или межрегиональная, планетарная).

При корреляции аллювия речных террас Н. В. Макарова и др. (1977) использовали комплекс методов: 1) по динамическим фазам аллювия — инстративной, субстративной и перстративной; 2) по литологическим особенностям отложений, уделяя при этом внимание их окраске красноватых и бурых тонов как показателей относительно теплого, а серых — холодного климата; 3) по циклическим изменениям карбонатной цементации в разрезе аллювиальных толщ. На примере аллювия Средней Азии и Кавказа они показали, что речная аккумуляция начинается с теплых и кончается холодными климатическими условиями, что формирование инстративного, субстративного и частично констративного аллювия проходило преимущественно в межледниковья, а перстративного аллювия с серым галечником — во время наступления оледенений.

Д. Веллер (Weller, 1960) основывает корреляцию на двух группах данных: палеонтологических и физических. Среди последних он опирается на: 1) литологическое сходство пород, 2) последовательность слоев, 3) положение горизонтов в стратиграфическом разрезе, 4) закономерности изменения литологических признаков пород по площади, 5) соотношения горизонтов и стратиграфических перерывов и несогласий, 6) метаморфизм осадков, 7) электрофизические характеристики пород и 8) радиоактивность.

Палеопотамологический подход в изучении речных долин представляет собой по существу комплексный метод, учитывающий материалы и приемы сопоставлений данных по палеонтологии, стратиграфии, фациям и формациям, по литологии, минералогии, геохимии, абсолютному возрасту и палеомагнитным свойствам речных отложений и взаимосвязанных с ними пород другого генезиса, выходящих в речных долинах. На основе такого подхода наиболее полно в пределах аллювиальных свит коррелируются литологиче-

ские, фациальные и геоморфологические комплексы отложений и связанные с ними процессы седиментогенеза, прослеживается характер изменений аллювиальных толщ на протяжении всей речной долины, выявляется взаимосвязь отложений в цепи бассейнов: выветривания и эрозии — речной аккумуляции — дельтовых накоплений — морских осадков. Рассматриваемый подход является основой для корреляции различных генетических типов пород в речных долинах и для межрегиональных сопоставлений, корреляции континентальных и морских отложений различных структур и континентов. В основе палеопотамологического изучения лежит последовательный анализ речных отложений долин по продольным и поперечным профилям, а также палеогеографическим аренам. Классическим примером прослеживания речных свит по долинам рек и их взаимоотношений с другими образованиями являются труды Г. И. Горецкого (1964—1980).

Для корреляции погребенных речных долин весьма важно установление их современных аналогов, нагляднее выражающих геоморфологические обстановки долинных ландшафтов прошлого. Так, раннекарбовые дельтовые и лагунные отложения Шотландии, позднепалеозойские флювиальные и дельтовые образования Южной Африки имеют своими аналогами современную дельту р. Гуадалупе в США; позднедевонские субаквальные дельтовые фации Аппалачских гор — современную дельту р. Ориноко, а отложения в горах Катскилл — осадки современного морского побережья и дельты р. Луизианы (*Deltas models...*, 1975).

Таким образом, методы геохимической корреляции в речных долинах опираются на закономерности геохимии аллювиального литогенеза, ряд геологических и специфических принципов, на использование различных моделей. Геохимические сопоставления часто дополняются другими методами геологической корреляции. В ряде случаев особенностью приемов корреляции является одновременная реконструкция геологических и геохимических условий и процессов литогенеза прошлого и на этой основе более глубокое сопоставление и прослеживание в пространстве и во времени различных горных пород, осадочных горизонтов и т. д.

## ГЕОХИМИЧЕСКИЕ РЕКОНСТРУКЦИИ УСЛОВИЙ АЛЛЮВИАЛЬНОГО ЛИТОГЕНЕЗА И ИХ МЕСТО В КОРРЕЛЯЦИИ

Выявление древних погребенных речных долин опирается на геологические приемы, связанные: с прослеживанием береговых морских линий и дельтовых отложений; наличием в стратиграфическом разрезе перерывов в осадконакоплении; обнаружением фациальных комплексов аллювиальных отложений; приуроченностью или унаследованностью реками зон разломов; наличием близ крупных озер в аридных обстановках рек и их дельт; с приуроченностью рек к переуглубленным ложбинам ледникового выпавивания и размыва.

В реконструкции речных долин наряду с литологическими важным место принадлежит геохимическим методам, основанным на различиях миграции и аккумуляции элементов в пресноводных речных и солоноватых морских и лагунных обстановках, особенно в области дельт; геохимической дифференциации отложений вниз по долине с учетом специфики состава пород терригенных геологических провинций; на закономерностях фациальной геохимической дифференциации отложений при переходах от озерных к аллювиальным русловым, пойменным к старичным отложениям вверх по разрезу и т. д.

При всем разнообразии состава аллювиальных отложений геохимическая реконструкция исходит из закономерностей, присущих геохимии аллювиального литогенеза и дифференциации химических элементов в соответствии с формациями, типами и фациями аллювия, их гранулометрическим и минералогическим составом, унаследованностью и эволюцией состава аллювиальных осадков в речных долинах, из отражения в распределении и ассоциациях минералов и химических элементов речных отложений климатических и географических зон, ландшафтных, геоморфологических и тектонических условий, литологических и геохимических особенностей пород питающих провинций и их специфических сочетаний, характерных для отдельных геологических структур и регионов.

В основе геохимических реконструкций во многих случаях лежат те же критерии, что и для геохимической корреляции.

Выяснение условий аллювиального литогенеза — процессов и обстановок — не только расширяет представления о формировании речных осадков в прошлом, но и дает возможность выявить и оце-

Критерии тафономических реконструкций применительно к обстановкам аллювиального литогенеза (Сендерзон, 1970)

нить основные критерии реконструкций. Опираясь на эти критерии и представления, можно провести корреляцию аллювиальных отложений. В определенном смысле геохимическая реконструкция является методом и способом корреляции.

### ОСНОВНЫЕ КРИТЕРИИ РЕКОНСТРУКЦИИ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Литогеохимические реконструкции широко используются для восстановления геологических и геохимических процессов, условий седиментогенеза и литогенеза, уточнения фациальных обстановок, выяснения динамики и направлений потоков, палеоклимата, определения среды обитания древних растительных и животных организмов, развития экосистем, характеристики условий формирования и выветривания месторождений и т. д.

По масштабам реконструкции они касаются происхождения и развития отдельных геологических разрезов и горизонтов, осадочных толщ и регионов, геосфер, земной коры и нашей планеты в целом.

Важный вклад в развитие теории и методов геологических реконструкций внесли Л. Б. Рухин (1962), Н. М. Страхов (1962), В. М. Синицын (1967), К. И. Лукашев (1974), А. Б. Ронов (1971), А. В. Сидоренко (1969) и др.

Существуют различные аспекты и методы реконструкций, которые определяют классификацию их основных критериев. Кратко остановимся на некоторых из них, связанных с реконструкцией условий аллювиального литогенеза.

З. М. Сендерзон предлагает подходить к процессам восстановления геологических обстановок с позиции тафономии (тафос — могила, номос — закон), опираясь при этом на ряд геологических и литологических критериев (табл. 15).

В. К. Лукашев (1972) выделяет два комплекса индикаторов осадконакопления и их критерии: 1) палеогеографический — а) определение возраста пород по  $^{231}\text{Pb}$ ,  $^4\text{He}$ ,  $^{36}\text{Cl}$ ,  $^{10}\text{Be}$ ,  $^{129}\text{J}$ ,  $^{26}\text{Al}$ ,  $^{14}\text{C}$  и другим изотопам; б) реконструкции палеоклимата — биогеохимические и геохимические — по  $\text{Br}:\text{NaCl}$ ,  $\text{Br}:\text{KCl}$ , величинам отношений изотопов  $^{18}\text{O}:\text{^{16}O}$ ; в) определение палеосолености и магнизиальности — по величинам  $^1\text{H}:\text{^2H}$ ,  $^{18}\text{O}:\text{^{16}O}$ , коэффициентов щелочности и магнизиальности, концентрациям  $\text{B}$ ,  $\text{Na}$ ,  $\text{Cl}$ , составу поровых растворов; 2) литогеохимический — а) показатели геохимических процессов  $\text{pH}$ ,  $\text{Eh}$ , величины сорбции, карбонатизации; б) ландшафтно-геохимическая среда седиментогенеза — аутигенные минералы, типоморфные соединения химических элементов; в) показатели геохимических фаций и связанных с ними генетических комплексов пород, месторождений и ореолов рассеяния.

Х. Гулд (1974) выделяет четыре группы критериев реконструкций: физические (текстурные особенности пород), химические (состав осадков, величины соотношений  $\text{Ca}:\text{Mg}$ ,  $\text{Sr}:\text{B}$ ,  $^{13}\text{C}:\text{^{12}C}$ ,  $^{18}\text{O}:\text{^{16}O}$  и других элементов и изотопов, новоминералообразования),

Объект наблюдения и критерии	Область воспроизведения	
Продукт осадконакопления (порода, сообщество пород)	Вещественное выражение условий (осадок, группа осадков и их признаки)	Условия и обстановки осадконакопления
Литологический тип породы (литотип, представляющий данный слой)	Генетический тип осадка (генотип, его признаки)	Фация (условия накопления данного слоя, выраженные в породе)
Полимиктовый конгломерат	Аллювиальный полимиктовый галечник	Русло
Гранулометрический элементарный тип	Простейший набор генетических типов осадков	Палеогеографическая обстановка Последовательный набор парагенетически связанных фаций, сменяющихся по площади в данном отрезке времени
Закономерное чередование слоев литотипов (аллювиальный цикл)	Закономерная смена речных отложений и их признаков в разрезе	Речная долина
Формация	Сложный набор генетических типов осадков	Чередование палеогеографических обстановок
Естественное сообщество литологических комплексов, представленных парагенетически связанными и циклически чередующимися группами пород, сформировавшихся на определенном этапе геотектонического развития области	Многочисленное чередование различных генетических наборов осадков, выраженное закономерными сменами или повторяемостью генетических признаков	Область осадконакопления

биологические (остатки растительных и животных организмов, соотношения их видов, экологические характеристики, эндемические особенности фауны), фациальные (взаимоотношения пород).

В. Галловой (Galloway, 1975) основывает палеогеографические реконструкции в речных долинах на показателях: геоморфологических (форма дельты, ширина, длина и форма русел, характер меандрирования), стратиграфических (особенности строения и залегания осадочной толщи), литологических (сочетание песчаных, глинистых и других типов отложений), фациальных (распространение фаций баров, отмелей, русел, подводного и надводного конусов) и т. д.

Применительно к речным долинам нами выделяются следующие группы методов реконструкций и их цели: 1) палеонтологические —

определение возраста, палеоклимата, широтной географической зональности, фациальной обстановки по флористическим и фаунистическим сообществам, отдельным ископаемым остаткам с учетом экологии организмов; 2) структурно-тектонические — восстановление условий литогенеза в речной долине на основе выяснения тектонической обстановки и геологического развития региона по анализу состава и строения слоев, характеру переслаивания, мощностям осадков и т. д.; 3) геоморфологические — восстановление уровней и закономерностей поверхности речной аккумуляции и размыва, оконтуривание долин по горизонтам размыва, взаимоотношениям осадков различных фаций, погребенным почвам, корам выветривания и т. д.; 4) палеопотамологические — выяснение строения и истории развития речной долины на основе комплексного анализа аллювиальных свит и их взаимоотношений с другими генетическими типами пород по данным геологического, стратиграфического, палеонтологического, литологического и геохимического изучения осадочных горизонтов, в том числе аллювиальных; 5) фациальные — определение фациальных обстановок по литологическим характеристикам пород, их текстурным и структурным признакам, особенностям горизонтальных переходов, ритмичности и цикличности; 6) литологические — реконструкция гидродинамики и направлений потоков, палеоклимата и фаций по слоистости и текстуре, гранулометрическому составу, цвету и другим признакам осадков; 7) петрографические и минералогические — определение источников и дальности сноса, характера пород и процессов выветривания питающих провинций по петрографическому составу обломочно-галечного материала, минералогическим ассоциациям тяжелых и легких песчаных фракций, морфологической специфике отдельных минералов; 8) геохимические — выяснение палеогеохимических и палеогеографических условий седиментогенеза и эпигенеза по закономерностям распределения химических элементов и их ассоциаций в осадках, включая терригенную и аутигенную составляющие отложений, и по другим геохимическим показателям.

При реконструкции аллювиального литогенеза геологического прошлого наиболее важными являются определения режима речного сноса и осадконакопления, направлений палеопотоков и дальности переноса обломочных частиц, уточнение генетической и фациальной принадлежности отложений, разделение пресноводных и морских обстановок в областях дельт, определение палеоклимата и тектонических условий.

#### **РЕКОНСТРУКЦИЯ РЕЖИМА РЕЧНОГО СНОСА И ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ**

При реконструкции режима палеопотоков широко используются данные изучения гранулометрического, петрографического, минералогического и химического составов речных отложений.

#### **Гидродинамика и режим переноса материала палеопотоками**

Для суждения о скорости течения палеорек и положении древнего русла используются материалы наблюдений по залеганию захороненных стволов деревьев, характеру смыва коры и изломов веток, остатков листьев, наличию гальки коренных пород и особенностям гранулометрического спектра обломочного материала; для выяснения обстановок паводков в пойме — данные по размыву пойменных почв, распространению глинистых катунов, наличию гальки; наилков, а в погребенных старицах и вторичных водоемах поймы — материалы по соотношению песчаных, глинистых и органических накоплений, ассоциации ископаемых организмов, проявления гипергенного минералообразования.

Предложены методы, по которым на основе изучения размеров обломочных частиц (диаметр, ширина, длина), характера гранулометрического спектра (тип кривых, величины медианного диаметра и квартилей), коэффициента сортировки, квантили, замеров косой слоистости реконструируются палеорежимы ламинарно-движущихся вод, турбулентных потоков колебательного или однонаправленного характера, особенности переноса материала в виде мутьевых потоков, однородной и градационной суспензий, донного волочения, а также определяются глубины палеопотока, придонные скорости отложения и размыва, гидрологический порядок потока, величины уклона и устойчивости речного русла и т. д. (рис. 6). Обзор и оценка методов такой реконструкции, предложенных Л. Б. Рухиным, С. М. Пассеги, Дугласом и другими исследователями, дана в работе В. Н. Шванова (1969).

С. Шамм (1974) выделяет три типа русел, характеризующихся неодинаковыми величинами отношений ширины русла к глубине ( $F$ ), кривизны ( $P$ ) и уклона ( $S$ ) русла, содержания алеврита и глины в его осадках ( $M$ ). По этим показателям условия переноса материала следующие: 1) во взвешенном и растворенном состоянии —  $F < 10$ ,  $P > 2$ ,  $S$  небольшой,  $M > 20\%$ ; 2) волочением и во взвеси —  $F = 10-40$ ,  $P = 1,3-2,0$ ,  $S$  средний; 3) волочением по дну —  $F > 40$ ,  $P < 1,3$ ,  $S$  крутой. С. Шамм предложил формулы вычисления рассматриваемых показателей, а также величин среднегодовых дебитов паводков рек, показал, что глубины палеодолин колеблются в пределах 7—300 м, ширина 0,4—22 км, т. е. долины в целом были меньше современных долин Амазонки и Миссисипи. Величины  $M$  приблизительно характеризуют не только гидрологию палеопотока, но и общие черты палеогеографии речной долины.

Суждения о режиме палеопотоков могут быть сделаны на основе изучения соотношений тяжелых и легких песчаных фракций и по ассоциациям химических элементов, им соответствующим, по гипергенным минералам и т. д.

По концентрации золота в раковинах пресноводных моллюсков может устанавливаться гидродинамика речных вод и золотоносность аллювия (Ясырев и др., 1978).

## Режим седиментогенеза

Он может быть реконструирован по следующим литологическим признакам аллювия: фаза врезания представлена галечным материалом, плохо сортированным и почти не окатанным, с многочисленными обломками щебня, заполнителем служит глина и суглинки, плотиковый аллювий часто обогащен тяжелыми минералами и несет россыпи; фаза равновесия — галечники хорошей сортировки и окатанности с песчаным заполнителем, горизонты песков разнообразны по величинам обломочных частиц и терригенным ассоциациям минералов; фаза аккумуляции — тонкозернистые пески, алевроиты и глины, терригенные минеральные ассоциации менее разнообразны, широко представлены аутигенные минералы, обогащенность органическим веществом, наличие погребенных почв. Словом, по указанным литологическим особенностям восстанавливаются динамические фазы аллювия, охарактеризованные В. В. Ламакиным (1948).

Изучение ориентировки гальки и ее наклона в погребенных долинах позволяет восстановить некоторые черты речных процессов: галька, ориентированная в разные стороны, свидетельствует о сильном меандрировании реки, галька с наибольшими наклонами — о значительной скорости речного потока. Характер поверхности отдельных пород и минералов и их ассоциаций, новообразования также характеризуют скорость переноса материала и неоднократность перемыва отложений.

Важные данные для познания динамики потока и скорости накопления материала дают определения абсолютного возраста осадков. Так, по радиоуглеродным датировкам отложений Миссисипи показано, что развитие ее долины началось 28 тыс. лет назад, а современная дельта формируется около 450 лет, причем скорость осадконакопления в ней в различные периоды колебалась от 0,07 до 0,19 кубических миль в год (Fisk, McFarlane, 1955).

По аккумуляции Al, Fe, Ti, Na, K, Ca, Mg, Mn, Ni, Co, Cu, Cr, V, Zn, Rb, Sr в дельте р. Годавари и прилегающих районах Бенгальского залива показано, что за последние 300 лет скорости на-

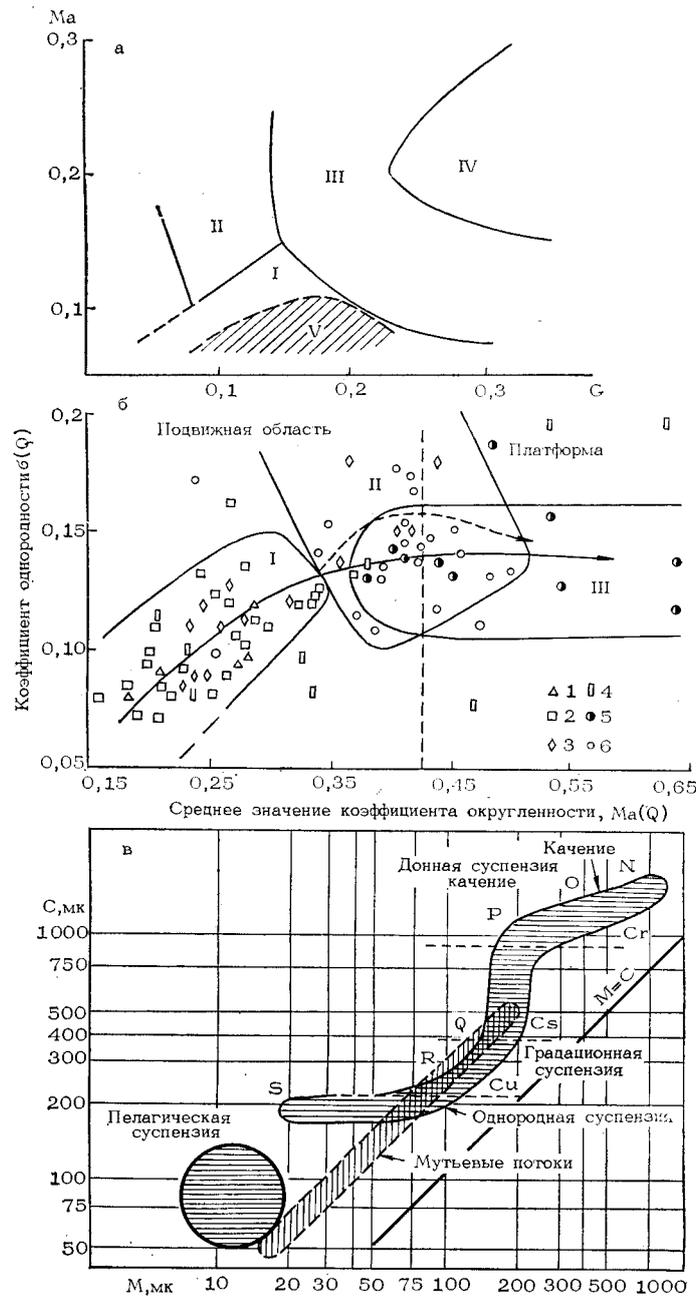


Рис. 6. Диаграммы реконструкции гидродинамики потоков и способов переноса ими материала осадков: а — динамическая диаграмма Л. Б. Рухина. Поля песков: I — накапливающихся на дне озер, морей и других бассейнов при слабых колебательных движениях вод, II — отложившихся в условиях прибрежья и пляжей крупных рек, III — отложившихся в условиях русел рек, IV — отложенных ветром, V — поле неустойчивости; б — разделение песков по генетическому признаку: I — аллювиальные, II — эоловые, III — прибрежно-морские платформенные. Средние значения коэффициентов округленности и стандартных отклонений для песков: 1 — аллювиальных и ледниковых, 2 — аллювиальных, 3 — озерно-аллювиальных, 4 — морских песков предгорных областей и межгорных впадин, 5 — прибрежно-морских платформенных, 6 — эоловых. Стрелкой показано изменение формы зерен в ходе водной абразии, штриховой линией — эоловой обработки; в — диаграмма С. М. Пассеги для определения способа переноса осадков в водной среде

копления элементов в устье реки были выше на порядок, чем в заливе (Kalesha и др., 1980).

Автором на основе выявленных закономерностей изменения механического, минералогического и химического составов осадков террас вниз по долине Днепра, а также сопоставления их с отложениями аллювия Немана и Западной Двины в зонах размыва конечных морен и аллювием Припяти, формировавшимся при перемыше заандровых отложений в зоне полесья, было показано: 1) перигляциальные аллювиальные отложения верхнечетвертичного возраста территории Белоруссии имеют те же черты пространственной дифференциации состава, что и современные осадки нормального типа аллювия; 2) гидродинамическая специфика верхнечетвертичных рек заключалась в том, что осадки террас Днепра формировались полноводными потоками, сравнительно быстро терявшими свою несущую силу в плоских и неглубоких долинах; 3) осадки террас Полесья образовывались при неоднократном перемыше наносов полноводными потоками.

О характере динамических фаз древних речных потоков можно также судить исходя из данных сравнения состава осадков различных рек. Например, речные осадки бассейнов Днепра и Припяти связаны с преимущественным размывом средне- и верхнечетвертичных отложений, пострисскими процессами выветривания и развития перстративного аллювия, а бассейнов Немана и Западной Двины характеризуют денудацию верхнечетвертичных отложений, постюрмские процессы выветривания и инстративный аллювий. Аллювий Припяти выделяется максимальными концентрациями Si и минимальными Al, Ca, K, Na, Ti, Mn, V, Cr, Ni и Cu, Западной Двины — максимальными Al, Ca, Mg, K, Na, микроэлементов и минимальными Si. Различны осадки этих рек также по величинам геохимических коэффициентов:  $K_i = \text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $ba = (\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO}) : \text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $\text{Na}_2\text{O} : \text{K}_2\text{O} : \text{CaO} : \text{MgO}$  и другим, характеризующим степень выветривания, перемыша и переотложения речного материала (Кузнецов, 1973б).

### Направление и дальность речного сноса

Направление речного сноса устанавливается по ряду признаков: 1) ориентировке удлинённых обломков пород и минералов; 2) характеру слоистости и знакам ряби; 3) расположению обломков древесины; 4) положению слепков борозд размыва. Оно обычно реконструируется путем построения диаграмм-роз, векторных и круговых диаграмм, гистограмм, статистическими методами, обзор которых приведен в работе В. Н. Шванова (1969).

По величине отношений  $\text{Zn} : \text{Y}$  в почвах и отложениях одной из рек в Шварцвальде и Баварии, равных таким же отношениям в горных породах отдельных участков долины, сделано заключение о формировании осадков при размыве этих пород, прослежены пути и направления переноса материала (E. Mugač, 1978).

При неизвестных источниках сноса реконструкция дальности

речного переноса осуществляется путем изучения округленности и сферичности обломочных частиц, анализа гранулометрического спектра осадков, выяснения соотношений количества минералов различной устойчивости к абразии. Если примерно известно местонахождение основных источников речного сноса, она может быть уточнена по обломкам горных пород, минералам и их ассоциациям, особенностям габитусов кристаллов, цвету, характеру поверхности и степени полировки, форме зерен, а также по минеральным и газовым включениям и геохимическим ассоциациям микроэлементов в них. При определении дальности сноса необходимо учитывать, что до полного истирания обломков сульфиды переносятся рекою на расстояния до 7 км, песчаники — 15, глинистые сланцы — 42, известняки — 64, граниты — до 278 км. Расстояния геохимических потоков рассеяния от коренных месторождений имеют различные величины в зависимости от характера оруденения, подвижности химических элементов и т. д., о чем подробнее сказано в главах III и V.

Н. М. Симанович (1978) на основе изучения генетических типов обломочного кварца руслового аллювия р. Алдан раскрыл влияние сноса с Верхоянского хребта, выразившееся в увеличении в речных осадках содержания кварца молодых гранитоидов на расстоянии около 200 км.

Н. А. Лизалек и др. (1975), исследуя обломки бокситов в реках Сибирской платформы, выявили, что изменение их при удалении от источника характеризуется показательной функцией. Расстояние переноса, выведенное на основе экспериментальных и полевых наблюдений, определяется по формуле  $S = \left( \frac{1740}{P - 100} \right)^2$ , где  $S$  — рас-

стояние в км,  $P$  — масса пробы в г. При этом за минимальную величину обломков бокситов принимается 3—4 мм, что соответствует пробе 0,04—0,05 г и удалению от коренного источника до 500 км.

Сравнение геохимических и морфологических особенностей золотин из современных речных осадков территории ФРГ, ЮАР и ископаемых россыпей Витватерсранда (ЮАР) позволило установить дальность переноса золота докембрийскими речными потоками, оцениваемое расстояниями 10—30 км (Hallobauer, Utter, 1977).

### РЕКОНСТРУКЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ТИПА ОТЛОЖЕНИЙ

#### Генетическое разделение песчаных осадков

Указанная задача, особенно для однородных песчаных толщ, часто весьма сложная. Однако в отдельных случаях она успешно решается по величинам  $Md$  и  $S_w$ , типу кумулятивных кривых, значениям величин округленности и сферичности песчаных частиц.

Определение природы песков часто возможно по наблюдениям сочетаний волноприбойной ряби, ряби течений и других, их пере-

ходов вверх по разрезу или по горизонту с учетом фациальной принадлежности осадков, по потоковой, речной, дельтовой слоистости и т. д. (Ботвинкина, 1965). Индикационная значимость слоистости учеными трактуется неодинаково. В силу этого ее генетическая информативность может быть определена только на основе анализа песков по всему осадочному ритму.

Имеются примеры разделения песков по генетическому признаку на основе распределения в них минералов (рис. 7). Применение

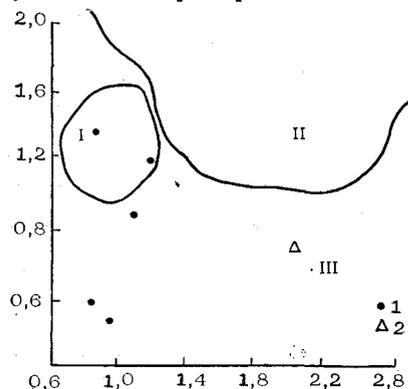


Рис. 7. Диаграмма Фридмана для определения условий динамики осадконакопления песков (Окнова, 1974). Поля песков: I — дюнных, II — речных, III — поле, свидетельствующее о водном генезисе; 1 — альбские песчаники Ферганской впадины, 2 — современные пески подводного пляжа Рижского залива. Ось абсцисс — отношение стандартных отклонений тяжелого и легкого минерала; ординат — отношение средних размеров тяжелого и легкого минералов

такой диаграммы позволило реконструировать условия формирования песков альбского возраста в Ферганской долине.

Для выделения аллювиальных и озерных отложений М. Кисард (Kisard, 1956) указывает на использование литологических признаков пород: у аллювиальных песчаников зерна полуугловатые (у озерных — полуокатанные), размер от тонко- до среднезернистых (от очень тонко- до тонкозернистых), при плохой — хорошей сортировке (от хорошей до превосходной), цемент кальцитовый (кальцитовый, доломитовый и кремнистый), тонкоокрашенные, красные (светлоокрашенные); аллювиальные аргиллиты красные и зеленые (озерные — коричневые или серые), рыхлые (отвердевшие), землистые (восковидно-смолистые), обломки пород (сульфиды железа, кремни, соли), цемент кальцитовый (кальцитовый, доломитовый и кварцевый), слоистость слабо выражена (у озерных она ленточного типа).

В. С. Бабаева (1972) использовала различия в минеральном составе для отделения аллювиальных от пролювиальных.

Применялась величина отношения интенсивностей рентгеновской дифракции иллита к каолиниту для разделения осадков аллювиальных террас иллинойского возраста (выше 1,8) и висконсинских флювиогляциальных задров в долинах рек Канзаса в США (ниже 1,8). Для этих целей использованы формы дифференциальных кривых нагревания глин аллювия равнин и террас (Jamkhindikai, 1965).

Определенные возможности для разделения речных и эоловых

песков дает использование отношений средних размеров и стандартных отклонений тяжелых и легких минералов.

Б. М. Осовецкий (1968) использовал выход тяжелой фракции и ее минералогические особенности для разделения немых толщ песков, в частности зависимости размера и содержания тяжелых минералов от гранулометрического состава, типы распределения минералов по фракциям и другие показатели, т. е. особое внимание уделил процессам механической дифференциации тяжелых минералов в зависимости от гидродинамики потока, фациальных обстановок осадконакопления, равнинных и горных типов рек.

С. Г. Дромашко и С. Л. Шиманович (1977), анализируя связи микроэлементов с глинистым, органическим веществом и кластогенным материалом в ряду осадков: озерно-флювиогляциальные и гляциоаллювиальные, отмечают относительное концентрирование V, Cr, Cu, Mn и Ti в первых осадках по отношению ко вторым и возможность использования величин коэффициентов Ni : V, Cu : Ni, Mn : Ni, V : Cu, Ni : Co, Ni : Ti для разделения и прослеживания песчаных пород указанных генетических типов.

В. К. Лукашев (1970) использовал данные по распределению Fe, Mn, Ti и другие геохимические материалы для выделения песчаных осадков эолового и аллювиального генезиса в условиях Бе-

Таблица 16

Состав водных вытяжек из современных донных илистых песков арктических и субарктических водоемов (Данилов, 1978), %

Осадки	Плотный остаток	$\text{HCO}_3^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{SO}_4^{2+}$
Озерные	0,040—0,044	0,009	0,011	0,009
Речные	0,030—0,069	0,005—0,009	0,006—0,032	0,004—0,005
Дельтовые	0,180—0,190	0,009	0,116—0,135	0,020—0,126
Лагунные (осолоненные)	0,58—7,450	0,06—0,018	0,259—4,368	0,168—0,245
Осадки	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{K}^+ + \text{Na}^+$	$\frac{\Sigma}{\text{Cl}^-}$
Озерные	0,003—0,005	0,001—0,002	0,001—0,003	4,2—4,7
Речные	0,002—0,010	0,001	0,001—0,009	2,4—4,7
Дельтовые	0,006	0,003—0,006	0,005—0,012	2,3—2,4
Лагунные (осолоненные)	0,026—0,088	0,022—0,137	0,038—0,043	2,1—3,2
Осадки	$\frac{\text{SO}_4^{2-}}{\text{Cl}^-}$	$\frac{\text{HCO}_3^-}{\text{Cl}^-}$	$\frac{\text{SO}_4^{2-}}{\text{HCO}_3^-}$	$\frac{\text{Ca}^{2+}}{\text{Mg}^{2+}}$
Озерные	0,6	0,5	0,6—1,2	1,6—3,5
Речные	0,1—0,5	0,1—0,8	0,6—1,2	1,2—5,0
Дельтовые	0,1—0,2	0,04—0,05	2,8—3,7	0,6—1,3
Лагунные (осолоненные)	0,03—0,6	0,01—0,02	3,3—49,9	0,3—1,1

лорусского Полесья. В частности, им выявлены особенности состава донных отложений, формировавшихся за счет речных осадков I надпойменной террасы; отмечены геохимические различия указанных типов отложений: тенденция к увеличению в первых по отношению ко вторым концентраций  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  и уменьшению  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ , перераспределению микроэлементов.

Дополнительным геохимическим критерием для разделения одnorodных толщ может выступать состав водных вытяжек (табл. 16).

### Критерии реконструкций типа и фаций аллювия

В современных ландшафтах тип аллювия диагностируется относительно просто по геологическим, литологическим, геоморфологическим, палеопотамологическим и другим признакам. В погребенном состоянии его восстановление затруднено, особенно в толщах докайнозойского возраста.

**Аллювий нормального типа** тесно связан с континентальной толщей отложений. Его осадки представлены в основном грубообломочным гравием и галечником, переходящими вверх по разрезу в крупнозернистые пески с косою слоистостью русловой фации, далее — в мелкозернистые пески, слоистые алевриты пойменной фации и глины старичных отложений; величина зернистости уменьшается вверх по разрезу. Сочетания указанных отложений и их фаций образуют аллювиальные пачки, а они в свою очередь формируют аллювиальные циклы. Пески преимущественно кварцевые, мономинеральные. Рассматриваемый аллювий характерен для равнинных ландшафтов гумидного климата. В геохимическом отношении характеризуется литогенной, сиаллитно-глинистой, сиаллитно-карбонатной, сиаллитно-ферритной и биогенной фациями. Материал отложений подвержен четко выраженной механической и химической дифференциации по фациям, вниз по долине и вкрест ее простирается. Содержит аномальные концентрации и месторождения — россыпи минералов циркония, титана, редких и рассеянных элементов, залежи соединений железа (болотные руды), карбонатов (луговые мергели), алюминия (переотложенные каолины) и т. д.

**Перигляциальный аллювий** приурочен к перигляциальным, ледниковым толщам континентальных отложений. Представлен в основном кварцево-полевошпатовыми мелкозернистыми песками, алевритами, лессовидными осадками русловой, половодной фаций и фации проточных водоемов. Характеризуется продуктами литогенной и сиаллитно-глинистой фаций; геохимическая дифференциация выражена слабо. Выделяется пониженными концентрациями микроэлементов и малыми вариациями их содержаний; рН-условия преимущественно слабощелочные и нейтральные. Для ряда фаций этого типа аллювия: размыва — русловой — половодной характерны в целом те же закономерности распределения концентраций химических элементов, что и у нормального аллювия, однако применительно к отдельным регионам выраженность их

неодинакова. Основные признаки перигляциального аллювия сводятся к следующему: наличию лессовидных суглинков и лессов, малому содержанию органических соединений, отсутствию первичных карбонатов, слабому изменению обломков полевых шпатов, глауконита и других неустойчивых минералов, наличию марганцевых и железистых новообразований, особенностям распределения микроэлементов в поглощенном комплексе.

Перигляциальные русловые осадки по условиям образования, влияющим на их состав, делятся на две группы: связанные с зоной непосредственного размыва ледника и с зоной полесий, т. е. на некотором удалении от его края. Эти зоны находят свое отражение в гранулометрической характеристике осадков (различиях в спектре фракций, величинах первой и третьей квартилей и медианного диаметра). В то же время перигляциальные пески по этим показателям резко отличаются от руслового аллювия умеренного пояса, характерного для межледниковий. При разделении и прослеживании этих отложений вниз по палеодолинам необходимо помнить, что дифференциация вещества в процессе переноса при перигляциальном и нормальном типах аллювия в целом одна и та же (Кузнецов, 1973б) либо несколько различна (Афремов, 1976).

Перигляциальные отложения среди карбонатных минералов преимущественно содержат доломит, менее кальцит. Аллювий нормального типа характеризуется в основном кальцитом, менее арагонитом (Добровольская и др., 1977).

Для выделения перигляциального аллювия предлагается наряду с данными гранулометрии использовать инженерно-геологические свойства осадков, в частности в них больше пористых и пльвунных песков, другие величины модуля деформации и относительного сжатия (Абрамов, 1957).

**Гляциоаллювий** связан с осадочными толщами континентальных оледенений, часто приурочен к переуглубленным ложбинам ледникового выпахивания и размыва. Характеризуется преимущественным развитием крупнообломочного материала (гравий, щебень, галечник, кварцевые, кварцево-полевошпатовые пески) базальной и русловой фаций. В геохимическом отношении выделяется господством литогенной фации переменного химического состава в зависимости от размыва моренных образований, сложенных обломочным материалом изверженных, метаморфических и осадочных пород и их сочетаниями.

**Подпрудный аллювий** встречается среди континентальных отложений равнинных и горных обстановок с различными климатическими условиями; по существу характеризует озерно-аллювиальные отложения с фациями русловой в нижней части толщи и подпрудной различной степени проточности — в верхней. Выделяется осадками литогенной (мелкозернистые пески), сиаллитно-глинистой (аледриты и глины), биогенной (органогенные илы и глины) фаций. Геохимическая дифференциация четко выражена в вертикальном, менее — в дистальном направлении.

**Дельтовый аллювий** распространен в пограничных прибрежно-

Таблица 17

## Литологические признаки песчаных осадков горной и равнинной реки (Рухин, 1962)

Признак	Река	
	горная	равнинная
Сортировка	Плохая: присутствуют наряду с песком мелкозем, гравий и галька	Хорошая: песок без примеси мелкозема, гравия и гальки
Изменчивость среднего размера зерен вниз по течению	Средний размер больше 0,25 — 0,314 мм и быстро уменьшается	Средний размер больше 0,163—0,200 мм и медленно уменьшается
Наличие неустойчивых минералов	Нередко много полевых шпатов и обломков пород в легкой фракции; пироксенов, амфиболов и выветрившихся минералов—в тяжелой	Мало полевых шпатов и обломков пород и выветрившихся минералов
Наличие устойчивых минералов	Мало кварца в легкой фракции и нет преобладания устойчивых минералов—в тяжелой	Преобладает кварц в легкой фракции, много устойчивых минералов, особенно граната и ставролита—в тяжелой
Изменчивость минералогического состава вниз по течению	Большая	Малая
Округленность зерен	Плохая	Значительно большая, чем в первом случае (более 50 % округленных зерен наблюдается лишь в песках, переотложенных из древних пород)

морских областях и связан с переходами континентальных толщ к морским. Включает продукты литогенной (мелкозернистые пески), сиалитно-глинистой и биогенной фаций (гумусированные глины, органометные илы). Выделяется наличием осадков различной степени осолонения, рН-условия слабощелочные и щелочные, имеет ряд геохимических особенностей составов вытяжек (пониженные концентрации Fe и Ca), поровых растворов (повышенные содержания Na, Cl) и осадков (уменьшение соотношений Cr : Ni; Ti : Zr, повышенные концентрации B, Sr, Mn в отдельных горизонтах). Геохимическая дифференциация четко выражена в горизонтальном направлении, а в вертикальном характеризуется в ряде случаев ритмичностью.

**Горный аллювий** связан с горными областями. Приурочен в погребенном состоянии к толщам, сложенным грубообломочным материалом аллювиального, делювиального и пролювиального генезиса. Характеризуется литогенной фацией пестрого химического состава. Пески обычно полимиктовые. Геохимическая дифференциация материала слабая (табл. 17).

Закономерны изменения (уменьшение размерности зерен) гранулометрического состава песков по типам аллювия: у собственно

Таблица 18  
Средний состав песков различных генетических типов аллювия и палеогеографических зон, %

Тип аллювия, зона	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + K <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O	п. л. л.	Автор
Горный	73,37	13,08	2,02	4,81	1,03	2,57	0,05	0,75	1,07	Лунев, 1967
Горно-равнинный	85,78	6,81	1,93	1,71	0,97	1,72	0,02	0,26	1,51	«
Равнинный	93,77	2,21	0,99	0,74	0,38	1,42	0,58	1,65	0,74	«
Гляциобаллювий	73,97	6,17	1,43	2,22	0,25	—	—	—	—	Кузнецов, Матрун- чик, 1978
Перигляциальный:	89,23	4,62	1,39	0,77	0,38	1,99	0,03	—	0,48	«
зона конечных морен	86,27	4,96	1,64	1,26	0,84	2,48	—	—	1,79	«
зона Полесья	94,95	2,02	0,73	0,34	0,14	0,86	0,61	—	1,21	«
Подрудный	77,56	4,55	1,73	3,58	0,85	—	—	—	—	«
Нормальный:	91,94	2,79	0,95	0,54	0,27	1,61	—	—	—	«
зона ледниковых отложений	90,23	4,33	0,85	1,00	0,47	1,94	0,02	—	—	«
зона Полесья	93,93	1,86	0,75	0,31	0,27	0,78	0,07	—	—	«
Дельтовый	97,14	0,83	0,27	0,39	0,13	—	—	—	—	«
Пески	78,66	4,78	1,08	5,52	1,17	1,77	0,07	1,64	—	Clark, 1924

Таблица 19

## Среднее содержание микроэлементов в отложениях различных типов аллювия нижнего и среднего плейстоцена бассейна Немана, п. 10-3 %

Тип аллювия	Ni	Co	Cr	V	Mn	Ti	Cu
Нормальный	1,8	0,1	0,1	0,4	12,1	32,2	2,5
Гляциальный	1,5	0,3	1,6	2,1	14,0	81,7	3,0
Подрудный	2,3	0,4	1,8	1,5	12,6	97,4	3,2

Геохимические критерии реконструкций условий литогенеза в речных долинах

Геохимические критерии	Пресноводные (речные) и солоноводные (дельтовые, морские) обстановки	Тип аллювия	Фации аллювия	Гидрологические особенности и дальность сноса речного материала
Парагенезисы и содержание элементов в осадке	B, Zn, Ni, Li, Mn (1)* B, V (2) MgO, Fe, U, Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O, Na <sub>2</sub> O:CaO (3) B, Ga, Rb, Cr (4) Ba (4) V (5,6) Cd, Pb, Zn, V, Cu, Ni, Co, P (7) Mn, V, Ti, Ga, Al, Ni, Cr, Cu (8) MnO, Mn:Fe (9) Cl, Br, J (10,11) Mn, Cr, V, Ti, Ni (12)	SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MgO, K <sub>2</sub> O, Na <sub>2</sub> O, Ni, Cr, V, Cu, Ba, Ti, Co, Mn (12) 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> , TiO <sub>2</sub> (27) SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , FeO, MgO, K <sub>2</sub> O, Na <sub>2</sub> O, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , SO <sub>3</sub> (28)	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, Ni, Cr, V, Cu, Ba, Ti, Co, Mn, SiO <sub>2</sub> :Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> O:Na <sub>2</sub> O, TiO <sub>2</sub> : :Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CaO:MgO (12) V, Cr, Ba, Sr, Zr, Ti (29) SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (30) Cu (31) Ti, Zr (32) Fe <sup>2+</sup> :Fe <sup>3+</sup> (12) Сорг (29) Ряды подвижности, Mn, Fe, Ca (29)	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, Ni, Cr, V, Cu, Ba, Ti, Co, Mn (12) Zr:Y (34) Au в моллюсках (13)
Парагенезисы и содержание элементов в гранулометрических фракциях и других составляющих осадка	Ni, V, Cu, Pb, Zn, Sn органической фракции B, Li, Sr, F, Ga, Cr, Ti, Nb, Zr, Th глинистой фракции; Co, As, Ag, Cu сульфидной; Cd, Sn, Mn карбонатной; Fe, Mn, Ag, Cd, Ba, Zn, Co, Ni фракции окислов; Cu, Zn, Ni, V, Sn органической фракции (14)	Cr, Ni, Ba, Cu, Mn, V поглощенного комп- лекса (12) Ca, Mg, Na, K соляно- кислых и водных вы- тяжек (12)	SiO <sub>2</sub> :(Na <sub>2</sub> O + K <sub>2</sub> O + + MgO + CaO); Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (33) грануло- метрических фракций. Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , SiO <sub>2</sub> аморф- ные (12) Cu, Mg, Na, K, HCO <sub>3</sub> , SO <sub>4</sub> , Cl водных вы- тяжек (12)	Ti, Mn, Cr, Ni, V, Cu, Zr, Ga, Ba терриген- ных минералов (12), во фракциях (33)
Парагенезисы и содержание элементов в конкрециях	Cu, Zn солянокислых экстрактов и валовые (15) Zn, Pb глинистой фрак- ции, Mn карбонатной, Sr солевой (16) Mn (17) Cl:Br, Br:Y (10) V, Zn, Ga, B (18)		SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , аморфных гипергенных соединений железа, фосфора (12)	
Парагенезисы и содержание элементов в поровых растворах	Cl, Mg <sup>2+</sup> :Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> : :Cl <sup>-</sup> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> :Cl <sup>-</sup> (12) Br, B, J, Zn (19) Ca <sup>2+</sup> , K <sup>+</sup> , Cl <sup>-</sup> (20)			
Изотопы	<sup>18</sup> O, <sup>14</sup> C, <sup>2</sup> H, <sup>32</sup> S (21)			
По минеральным ассоциациям и химическим элементам в них	Глинистые, сидериты (22) Глинистые, каолинит (23, 24) Карбонаты, Сорг (25) Галит, каолинит, гипс (26)	Карбонаты, Сорг, pH (29)		

\* Примеры использования критериев даны в работах: 1—Davis e. a., 1972; 2—Potter e. a., 1963; 3—Naidu, 1966; 4—Degens e. a., 1957; 5—Алексина, 1972; 6—Поделько, 1965; 7—Reyment, 1969; 8—Захарова и др., 1969; 9—Ахмедов, 1972; 10—Гуляева, Иткина, 1962; 11—Теняков и др., 1974; 12—Кузнецов, 1973; 13—Ясырев и др., 1978; 14—Кейт, Дегенс, 1961; 15—Webb e. a., 1963; 16—Vernette, 1971; 17—Кузнецов, Шимко, 1980; 18—Зарицкий, 1966; 19—Тареева, 1963; 20—Gadel, Pauc, 1973; 21—Coleman, 1977; 22—Taulog, 1963; 23—Спенсер и др., 1972; 24—Викулова, 1963; 25—Данилов, 1977; 26—Лукашев, 1963; 27—Лу-нев, 1967; 28—Мавлянов, 1950; 29—Лазаренко, 1964; 30—Максимович, Никонов, 1948; 31—Fith, 1958; 32—Виноградов, 1962; 33—Wakatsuki и др., 1977; 34—Murad, 1978.

аллювия — вверх по разрезу в пределах каждой пачки или свиты; у пролювия — вниз по разрезу; у перигляциального аллювия — сложное чередование прослоев разной зернистости; у гляциоаллювия наблюдается постоянство состава по разрезу.

Т. А. Соколова и др. (1978) отмечают, что во взвешенных наносах аллювия горных областей по отношению к аллювию равнин наблюдается более высокая концентрация иллитовой группы минералов и более низкая — разбухающих минералов, что определяется степенью слабой выветрелости глинистых минералов на водоразделах.

Основные химические характеристики песков различных типов аллювия приведены в табл. 18 и 19. Как видно из них, выделяются более высокими содержаниями кремнезема нормальный и дельтовый аллювий, глинозема и окислов железа — перигляциальный и подпрудный, а щелочных элементов — подпрудный и гляциоаллювий. В ряду горно-равнинный — равнинный — горный аллювий наблюдается закономерное уменьшение содержания  $\text{SiO}_2$  и увеличение  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ . Из микроэлементов относительно повышенными концентрациями Ni, Cr, Ti, Cu выделяется подпрудный аллювий.

При уточнении типа аллювия широко используются также показатели парагенезиса и уровней содержания элементов в осадке, его гранулометрических фракциях, конкрециях, экстрактах и поровых растворах, изотопы, а также минеральные ассоциации и содержания в них химических элементов (табл. 20).

Выделение фаций аллювия, как правило, в обнажениях не вызывает трудностей, однако в керновом материале оно часто сложно. Наряду с гранулометрическими и другими литологическими признаками здесь используются минералогические показатели. В связи с дифференциацией обломочных частиц по их крупности, плотности и устойчивости к выветриванию отмечены некоторые фациальные различия содержания минералов в аллювии. Так, В. Е. Рясина (1961) на примере осадков Волги указывает на концентрацию преимущественно минералов с плотностью более  $3,5 \text{ г/см}^3$  (ильменит, магнетит, циркон, гранат) в русловых осадках;  $3,5\text{—}3,3$  (пироксены, цоизит) — пойменных и менее  $3,3 \text{ г/см}^3$  (роговая обманка, эпидот, лимонит, апатит, турмалин, слюда) — в старичных отложениях.

А. А. Лазаренко (1964) в аллювии Днепра, Десны и Оки отмечает обогащение осадков русловой фации ильменитом, магнетитом, цирконом, рутилом; пойменной — турмалином, силлиманитом, амфиболами, пироксенами, слюдами, эпидотом; старичной — турмалином и апатитом. Он впервые показал различия в диагенетических новообразованиях аллювия различных фациальных обстановок седиментогенеза: в русловых осадках отмечаются гидроокислы железа, кальцит; пойменных — гидроокислы железа, гидроокислы марганца, аутигенные глинистые минералы; старичных — сульфиды железа, кальцит и вивианит. Аналогичные результаты получены автором для рек Белоруссии (Кузнецов, 1973б).

Геохимические показатели, применяемые для разделения фаций

аллювия, те же, что и при определении типов аллювия. Особое значение при реконструкциях имеет выделение и прослеживание характеристик состава базальной фации как основы для определения времени заложения речной сети и этапов ее развития, выяснения геологических и палеогеографических условий аллювиального литогенеза в долине, геологического строения бассейна эрозии, состава его пород и рудоносности, необходимых для прогнозов поисков аллювиальных и других типов месторождений полезных ископаемых.

#### РЕКОНСТРУКЦИИ ПРЭСНОВОДНЫХ И СОЛОНОВОДНЫХ ОБСТАНОВОК АЛЛЮВИАЛЬНОГО СЕДИМЕНТОГЕНЕЗА

Реконструкция этих обстановок определяет выделение и прослеживание низовий речных долин, дельт и морского побережья, детализацию фациальных условий, в частности формирования угленосных толщ в приморских аллювиальных равнинах и т. д. Она широко используется при поисках месторождений нефти, солей, россыпей редких и рассеянных элементов и драгоценных камней, связанных с областью перехода континентальных и морских условий литогенеза.

Рассматриваемая реконструкция осуществляется собственно литологическими, минералогическими, геохимическими, палеонтологическими и другими критериями и приемами.

Литологические критерии включают анализ положения литологических типов аллювиальных отложений среди горизонтов, характеризующих пресноводной и морской фауной, волноприбойными знаками ряби, прослоями галита, карналлита и других солей. Наличие частично размывтых глин, алевролитов с известковыми и сидеритовыми прослоями и стяжениями свидетельствует о придельтовом шельфе; плохо сортированных илов с песками, илистыми глинами и оползневыми текстурами — о подводном дельтовом склоне; тонких песков и илов с редкой галькой и знаками ряби — об авандельте; мелкозернистых песков, илов и болотных глин — о континентальной части дельты. Однако надо иметь в виду, что известны случаи опреснения морских вод на расстояниях более 50 км от речного устья.

Из минералогических показателей чаще используются ассоциации глинистых минералов: преимущественное распространение иллита и каолинита характерно для морской части дельты, тогда как в континентальной ее части и в заливах, куда впадают реки, преобладает монтмориллонит. Для разделения пресноводных и морских обстановок делаются попытки применять степень совершенства структуры и размеры элементарной ячейки каолинита. Так, по наблюдениям М. В. Викуловой (1963), каолинит континентальных условий имеет совершенную структуру и триклинно-моноклиналиную ячейку, а морских — несовершенную структуру.

Аллювиальные и морские отложения различаются комплексом конкреций, что использовано, например, при выявлении палеогео-

графии угленосных отложений Донбасса и других территорий (Зарицкий, 1966).

Из геохимических показателей наиболее часто применяются данные по распространению ассоциаций и отдельных химических элементов в породах в целом, в глинистых минералах, результаты пофракционного анализа отложений, составы поровых растворов.

### Ассоциации химических элементов в осадках

Рассмотрим прежде всего их поведение в современных осадках дельтовых областей. Осадки морской части речной долины обычно отличаются от собственно морских отложений более высокими содержаниями терригенного материала, тяжелых минералов,  $С_{орг}$ ,  $Si_{аморфн}$ , Al, Mn и т. д. Ф. Девис и др. (Devis e. a., 1972) на основании изучения осадков пресных (устья рек, впадающих в озеро Атабаска и Клэр) и соленых дельт (р. Маккензи), имеющих одинаковый минералогический состав, показали прямую корреляционную связь между концентрациями В, Cu, Zn, Ni, Li, Mn и содержанием глинистых минералов. Они отметили, что сорбция бора из морской воды не играет существенной роли в обогащении осадков и принципиальных различий между пресноводными и морскими дельтовыми отложениями по этому элементу не имеется. Содержания микроэлементов пресноводных и соленых осадков в данном случае соответственно составляли (в г/т): В 49—71 и 77; Cu 22—26 и 25; Zn 69—72 и 76; Ni 22—30 и 34; Li 12—22 и 13; Mn 183 и 333.

При исследовании глинистых отложений речных и дельтовых фаций р. Годавари в Индии выявлены различия между пресноводными и солоноводными осадками по величинам отношений  $Na_2O : K_2O$ ,  $Na_2O : CaO$  и концентрациям Mg, Fe, U, что связано с изменениями в составе глинистых минералов и органического вещества, а также отличиями в гидрохимии вод различных фациальных обстановок дельты (Naidu, 1966).

Отмечаются различия в концентрациях карбонатов во взвесах рек и прибрежной части моря. Например, взвешенные вещества и донные осадки дельты Волги отличаются от подобных образований Каспийского моря меньшими концентрациями  $CaCO_3$ , составляющими соответственно 4,79 и 16,54% (Пахомова, 1959). В условиях морской воды содержание кальция в глине, принесенной рекою, уменьшается почти в 2 раза, а магнезия и калия возрастает на 10—20%, при этом в концентрировании калия в глинах значительная роль принадлежит монтмориллониту, илиту и каолиниту (Russel, 1970).

В современных дельтовых осадках р. Нигер, представленных в основном глинами, наблюдается зональное распределение микроэлементов: с удалением от берега возрастают концентрации Pb, Zn, Cu, V, Cd, Co, P, причем два первых элемента имеют высокие содержания, остальные несколько выше кларковых (Reumont, 1969).

Указанные закономерности распределения химических элементов показательны и для древних отложений, характеризующих прибрежно-морские и дельтовые обстановки: повышенные концентрации Fe, Mn, V, Ti, Ga, Al обычно тяготеют к пресноводно-континентальным и солоноватоводным прибрежно-морским, а Ni, Cr, Cu — к соленым глубоководным морским условиям.

Так, для басаланской свиты протерозоя Центральных Кызылкумов установлено, что у пестроцветов, формировавшихся в надводно-дельтовых условиях, 60—70% проб имеют содержания стронция 0,01%, остальные — 0,02—0,03%, а породы волноприбойной зоны на 90% характеризуются содержаниями 0,01% этого элемента (Воронин и др., 1974).

На примере юрских и нижнемеловых пород Западно-Сибирской низменности и Прикаспийской впадины показано, что пресноводные

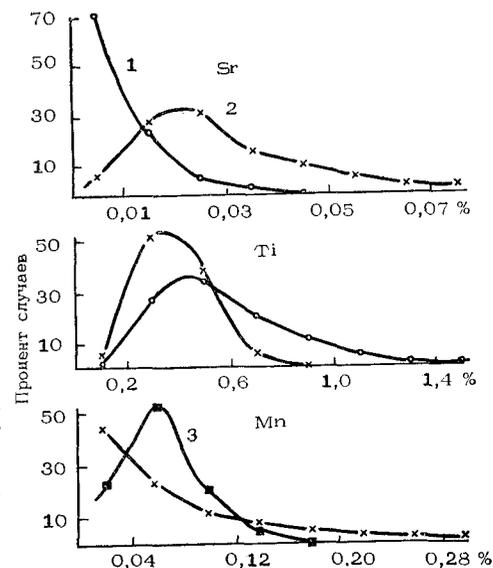


Рис. 8. Распределение микроэлементов в глинах в зависимости от условий осадконакопления (Лебедев, 1967). Условия: 1 — пресноводные, 2 — нормально-морские и солоноватоводные, 3 — нормально-морские

глины отличаются от нормально-морских пониженными концентрациями Sr (соответственно 0,0059% против 0,023 для первого региона и 0,0091% против 0,036 — для второго), Ba (0,026% против 0,044 для второго региона), В (0,0044% против 0,0102 для первого региона), повышенными Ti (0,64% против 0,42 для первого и 0,45% против 0,36 — для второго). Cr, Ni, Cu, V не имеют четких различий в концентрациях в зависимости от условий седиментации и не могут быть оценены в качестве надежных индикаторов (рис. 8, табл. 21).

С. М. Катченков (1952) выделяет среди пермских отложений Поволжья обстановки опресненных лагун с признаками речного сноса по повышенным содержаниям группы руководящих элементов Cr, Ni, V, Cu, связанных с выветриванием основных пород Урала, и пониженным концентрациям Ca (10% против 19—29 в типично морских осадках), величинам Fe : Mn (32% против 7—13), Sr : Ba (1,2% против 4—32 в морских отложениях).

Некоторые исследователи предостерегают от уверенного разделения морских и пресноводных осадков по концентрациям Ga, Cr, Ni, а также карбонатов и  $C_{орг}$  (Shimp e. a., 1969).

Таблица 21

Содержание микроэлементов в глинах мезозойских водоемов  
разной солености (Лебедев, 1967),  $n \cdot 10^{-3} \%$

Глины	B	Sr	Ba	Mn	V	Cr	Ni	Cu	Ti	Zr
<i>Северо-запад Восточно-Сибирской низменности</i>										
Пресноводные	4,4	5,9	40	46	16	10	8,8	4,0	640	34
Солоноватоводные	7,0	24,0	52	84	14	9,2	6,4	4,0	430	23
Нормально-морские	10,2	23,0	40	63	17	20	15	5,0	420	21
<i>Прикаспийская впадина</i>										
Пресноводные	He опр.	9,1	26	31	12	14	8,5	5,3	450	21
Солоноватоводные	«	25,0	35	39	10	7,2	5,3	3,1	310	20
Нормально-морские	«	31,0	44	59	12	9,1	6,1	3,5	360	24

А. М. Ахмедов (1972) в печенгском комплексе отмечает минимальные содержания MnO (0,02—0,07%) в осадках русловых, прибрежных потоковых фаций и максимальные (до 3,97%) — в отложениях лагун. Величины отношений Mn : Fe он предлагает использовать для разделения морских и континентальных обстановок. В работах М. А. Захаровой и др. (1969), В. А. Кузнецова (1973б), Ф. Девиса и др. (Devís e. a., 1972) показано, что в целом в глинистых осадках с переходом от пресноводных к морским условиям наблюдается увеличение валовых содержаний марганца. Однако, как показано далее, роль различных форм нахождения элемента в осадках и процессов, ведущих к этому, неодинакова.

Э. Дегенс и др. (Degens e. a., 1957) по содержаниям B, Ga, Rb, Sr, площадям пиков базальных отражений иллита и каолинита выделяют области морских и пресноводных обстановок, отмечая четкую прямую корреляцию содержаний Ba и Rb и их большее распространение в морских отложениях, а Ga — в пресноводных. В органической фракции морского осадка они наблюдали сравнительно повышенные концентрации Ni, V, а пресноводного осадка — Cu, Pb, Zn, Sn. Э. Дегенс (1967), отмечал также различия пресноводных и морских отложений по содержаниям Sr, однако считал, что к его использованию как критерия разделения обсуждаемых условий осадконакопления надо относиться осторожно, так как с возрастом отложений из-за обменных реакций различия в концентрациях стронция могут исчезать.

И. Д. Данилов (1977) указывает, что цемент карбонатных конкреций в пресноводных осадках преимущественно кальцитовый ( $\text{CaCO}_3$  21,49—58,46%) с небольшой примесью марганца (MnO 0,78—2,64), а в морских и лагуновых отложениях — кальцитовый ( $\text{CaCO}_3$  12,10—48,41) со значительными примесями марганца (до 7,8 MnO), железа (до 5,46  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и 11,98 FeO) и магнезия (до 5,42% MgO) или доломитовый.

Пресноводные конкреции отличаются от морских величинами

коэффициента концентрации элементов соответственно: Ca 10 и 9, Mn 15 и 50, Fe 0,7 и 3,0, Mg 0,9 и 2,  $\text{CO}_2$  19 и 50, т. е. в морских конкрециях отмечается наибольшая концентрация элементов, включая кальций.

### Состав фракций

Ценную информацию для разделения континентальных и морских обстановок, как показано далее, дает изучение микроэлементов во фракциях и экстрактах из осадков. Однако, на наш взгляд, она может быть использована только в совокупности с другими литологическими и геохимическими признаками отложений, поскольку осадки формируются в дельтовой зоне — арене сноса речного материала с больших территорий, часто со сложным и разнообразным геологическим строением.

Г. Вернетт (Wernette, 1971) на примере илистых осадков устьев рек Жиронды, Гаронны, Дордони во Франции выявил повышения концентраций Zn и Pb в глинистой, Mn в карбонатной, Sr в солевой составляющих осадков. Его вывод о том, что Zn и Pb в глинистой фракции, Ti и Zr в супесях приносятся в дельты реками, а B, Sr, NaCl и другие соединения поступают сюда со стороны океана, может применяться при реконструкции древних дельт и былых трансгрессий моря. Э. Дегенс (1967) при разделении морских и пресноводных обстановок литогенеза указывает на эффективность использования различий в концентрациях B, Li, Sr, F, Sc, Cr, Ti, Nb, Zr, Th во фракции глинистых минералов; Fe, Mn, Ag, Ba, Cd, Zn, Co, Ni — во фракции окислов; Cu, Zn, Ni, V, Sn — органической; As, Ag, Cu — сульфидной и Mn, Cd, Sn — в карбонатной фракциях. Дж. Вебб и др. (Webb e. a., 1963) применили для этой цели величины отношений концентраций меди и цинка экстракционной формы к валовой в пределах их аномальных содержаний в осадках.

На основе методики постадийного изучения форм микроэлементов в осадках, разработанной Г. А. Шимко и В. А. Кузнецовым (1978), сделана попытка использовать формы марганца для разделения пресноводных и солоноводных условий седиментации. Изучались осадки из скважин Керченского пролива, представленные зеленато-серыми озерными глинами с глубины 12—12,5 м рессиндельного возраста (образец 95-10), желтовато-серыми озерно-аллювиальными глинами с глубины 15,5—16,5 м того же возраста (95-12, 95-14), желтовато-серыми аллювиально-лиманными глинами с глубины 42,5—43 м миндельного возраста (136-21) и из обнажения мыса Железный Рог Таманского полуострова — ожелезненными морскими глинами киммерийского (средний плиоцен) возраста (2-9), железисто-глинистыми септариями этого же возраста из верхних горизонтов обнажения, относимые к придельтовой зоне (образец 2-13). Анализ табл. 22 показывает, что в плейстоценовых отложениях максимальными концентрациями марганца характеризуются экстракты, отражающие обменную, карбонатную и органическую формы нахождения элементов в осадках, образовавшихся в

Таблица 22

Содержание MnO в формах постадийных экстрактов из отложений Керченского пролива,  $n \cdot 10^{-3}$  % на абсолютно сухое вещество

Образец	Форма								
	водорастворимая	легкообменная	карбонатная	связанная с органическим веществом	аморфных окислов	силикатная легко-растворимая	нерастворимый остаток	валовое содержание	H <sub>2</sub> O г/гр., %
95-14	Сл.	0,6	13,0	14,0	13,0	18,0	Не обн.	59	2,82
95-12	Не обн.	1,1	28,8	37,5	65,8	18,0	3,0	155	2,86
95-10	41,0	0,1	9,1	3,7	54,0	12,4	Не обн.	80	3,55
136-21	41,0	1,3	29,8	23,5	2,3	9,1	«	66	3,40
2-9	Сл.	0,4	22,0	38,0	21,4	1701	37,0	289	2,19
2-13	64,0	0,3	120	1280	891	350	Не обн.	2640	3,90

солончатых лиманных условиях. Морские глины плиоцена имеют близкие с лиманными глинами плейстоцена концентрации марганца в карбонатной и органической формах. Показательно, что стяжения — септарии характеризуются максимальными концентрациями рассматриваемого элемента в карбонатной, органической, аморфной и силикатной формах и валовым содержанием. Это отражает не только многократное концентрирование марганца при диагенезе, но и миграцию элемента в связи с процессами преобразования органического вещества, карбонатообразованием и формированием гелей на данной стадии литогенеза.

При переходе от аллювиально-лиманных к морским глинам возрастает содержание и доля Ca и Mg в формах: водорастворимых компонентов, аморфных гидроокислов и адсорбированных на них элементов; для формы, связанной с органическим веществом, эти показатели для щелочно-земельных элементов имеют обратную направленность. В аллювиально-лиманных осадках повышена доля Ca, Mg и Fe в карбонатной форме и Fe в форме аморфных гидроокислов. В ряду лиманные — морские глины возрастают содержание и доля Al в карбонатной, органогенной и форме аморфных гидроксидов и Si в последней форме (Кузнецов, Шимко, 1981).

### Содержание галогенов

Как известно, морские и речные воды резко отличаются по содержанию Cl, Br и J, что используется для разделения обстановок осадкообразования в береговой зоне.

В. А. Теняков и др. (1974) показали, что глины и сланцы морских и речных условий имеют соответственно (в г/т): Cl 1100 и 3,60; Br 17 и 1,8—2,3; J 3,4 и 1,2—1,7; величины отношений составляют Cl : Br 64 и 1,6—5,1; Br : J 5,0 и 1,0—2,7; в углях соответственно Cl 94 и 49; Br 13,7 и 9,5; J 11,2 и 7,5; Cl : Br 9,9 и 3,6; Br : J 0,8 и 1,8.

Изучение угленосных отложений, формировавшихся в пресно-

водной и солоноводной прибрежных обстановках, показало относительно повышенные концентрации в прибрежных условиях Cl, Br и величины отношений Cl : Br, Br : J, при этом галогены были связаны с органическим веществом (Гуляева, Ниточкина, 1962).

### Состав поровых растворов

При сопоставлении поровых растворов речных осадков и осадков дельты Дуная (Тагеева, 1963) выявлено значительное влияние хлор-иона на их состав, отразившееся на резком уменьшении геохимических коэффициентов у растворов речных осадков по отношению к дельтовым растворам:  $Mg^{2+} : Cl^{-}$  в 6 раз,  $SO_4^{2+} : Cl^{-}$ —5,  $HCO_3^{-} : Cl^{-}$  в 12 раз. На основании этих исследований сделано заключение, что новоэвксинские отложения дельты Дуная представлены морскими образованиями. Характерно, что в составе поровых вод этих осадков отмечаются высокие концентрации Br (3,8 мг/л), B (2,9), J (0,6) и Zn (0,3 мг/л).

В отложениях дельты Роны отмечены различия в составе поровых растворов: обогащение  $Ca^{2+}$  и  $K^{+}$  в преречных и  $Cl^{-}$  в морских обстановках седиментации (Gadel, Pauc, 1973).

### Бор — индикатор палеосолености

В настоящее время бор признается универсальным индикатором солености морских условий, и исследователи широко применяют его для палеогеографических построений.

Д. Н. Пачаджанов и др. (1976) опираются на различия содержания бора в пелитовых фракциях (среднее содержание в аллювиальных отложениях 0,0064, морских — 0,016%) для разделения условий формирования мезозойских отложений — речных, опресненных водоемов, лагунно-заливных и морских — в ряде районов Средней Азии. Одновременно учитывались также различия в концентрациях натрия, калия, кальция, магния.

П. П. Тимофеевым и др. (1976) на примере юрских отложений Гиссарского хребта показано закономерное изменение концентраций бора и отдельных его форм при переходе от дельтовых к морским, лагунным и другим отложениям прибрежно-морской зоны, что использовано для реконструкции береговой зоны и палеосолености, для разнообразных палеогеографических и палеогеохимических построений (табл. 23). Ю. Я. Валиев и др. (1975) для этих отложений показали, что концентрации бора почти не зависят от минералогического состава глин, а определяются средой осадконакопления, при этом его величины колеблются в пределах: для аллювиально-озерных и озерно-болотных глин 0,0043—0,011%, аллювиальных 0,0037—0,0048, морских гумидных (слабо опресненных) 0,017—0,019 и морских аридных 0,29%.

Резкие различия в концентрациях бора в пресноводных и морских осадках использовались для разделения погребенных аллюви-

альных и дельтовых глинистых отложений США (Potter e. a., 1963). Т. Адамс с коллегами (Adams e. a., 1965) применяли концентрации бора для реконструкции палеосолености угленосной серии Йордаль в Великобритании, отлагавшейся при прогрессивном опреснении водоемов и смене морской среды на континентальную. В основу разделения были положены данные по современным осадкам залива Довей, где наблюдаются следующие соотношения солености и содержания бора в осадках:  $25,5^{0/00}$  солености соответствуют  $34,5 \cdot 10^{-4}$ — $35,5 \cdot 10^{-4}\%$  В (марши),  $21,5^{0/00}$ — $275 \cdot 10^{-4}\%$  В (залив),  $18^{0/00}$ — $260 \cdot 10^{-4}$ — $280 \cdot 10^{-4}\%$  В (речное русло). С. Валкер (Walker, 1963) предложил в качестве индикатора использовать бор в пересчете на иллит и указал на следующие его величины для различных обстановок седиментогенеза: опресненные осадки 0,0133—0,021%, нормально-соленые 0,0205—0,021, слабозасоленные 0,0505—0,053, осадки с повышенной соленостью 0,0307—0,0353 и эвапориты < 0,053% (Экспериментальные исследования..., 1977; Валнев, 1977 и др.).

Если обратиться к литературе по индикационной природе бора, то выявляются различные объяснения этого явления: 1) адсорбция бора глинистыми минералами путем взаимодействия молекул  $H_3BO_3$  с их поверхностью; 2) адсорбция ионов  $B(OH)_4^-$  на глинистых минералах, особенно активная в условиях солоноватых сред, где поверхности кристаллов имеют положительный заряд; 3) присоединение  $B(OH)_4^-$  к дефектам структур минералов, дающих положительно заряженные центры; 4) закрепление в структуре гли-

нистых минералов на основе изоморфного замещения бором алюминия и кремния; 5) связь с различными формами и соединениями органического вещества. Отмечается неодинаковое влияние внешних факторов на процессы фиксации бора в осадке — величины солености, температуры и pH вод, речной снос бора в водоемы с суши, где распространены горные породы с повышенными либо нижекларковыми концентрациями данного элемента, различная степень адсорбции бора каолинитом, иллитом и монтмориллонитом. Это свидетельствует о том, что индикационные свойства бора требуют дальнейших исследований.

### Изотопы

Для разделения морских и континентальных осадков применяются также различия в содержаниях изотопов. Так, пресноводные и морские условия разделяются по изотопам углерода ( $\delta^{13}C$  соответственно 2,0—13 и 2,0—5,0%), кислорода ( $\delta^{18}O$  5,0—17,0 и свыше 5,0%). Сульфиды первых осадков характеризуются большими содержаниями тяжелой серы и  $\delta^{34}S$  колеблется в них от 5 до 15%, в то время как у сульфидов морских отложений составляет 3,5—11% (Coleman, 1977).

### Комплекс литогеохимических критериев

При палеогеографических реконструкциях исследователи часто используют комплекс литогеохимических критериев.

Е. М. Емельянов (1977) характеризует следующие литогеохимические индикаторы подводной дельты Нила: наличие более крупнозернистых осадков, повышение концентраций тяжелых минералов, нахождение монтмориллонита и моноклиналиных пироксенов, абсолютный возраст некоторых минералов, увеличение содержания  $S_{орг}$ .

По комплексу стратиграфических, литологических и фациальных данных, включая анализ сочетания песчаных, глинистых и других осадков разреза, выделены палеодельты пенсильванского времени в США и показано изменение их характера от флювиального к волновому типу в ходе геологического развития региона (Galloway, 1975).

Наши исследования осадков верхнеолигоценного возраста территории Белоруссии свидетельствуют о том, что дельтовые и аллювиальные отложения в основании полтавской серии отличаются друг от друга относительно повышенными концентрациями в первых Мп (в 1,8 раза), V (3,5), Cr (4), Ni (5) и пониженными  $Fe_2O_3$  (1,6), а также различаются составом поровых растворов. В ряду морские — дельтовые — речные глины закономерно уменьшаются концентрации Мп, Cr, V и возрастают Ti, Zr (Кузнецов, 1973б).

Определенный интерес с точки зрения реконструкции древних дельтовых и связанных с ними долинных речных отложений имеют наблюдения над их магнитной восприимчивостью. Ю. В. Кочема-

Таблица 23

Содержание и формы бора в ассоциациях глинистых минералов юрских отложений Гиссарского хребта, л.  $10^{-3}\%$  (Тимофеев и др., 1976)

Фациальная обстановка	Ассоциация глинистых минералов	Среднее содержание	Средне-квадратичное отклонение	Форма		
				валовая	силикатная	растворимая
Дельтовая	Каолинит-гидратированно-гидрослюдистая	9,3	2,5	6,6	5,1	1,5
Заливно-лагунная, гумидный климат	То же	19,6	8,0	14,1	8,9	5,2
Прибрежное мелководье, гумидный климат	Каолинит-гидратированно-гидрослюдистая	14,7	5,7	13,0	7,8	5,2
	Хлорит-гидрослюдистая	15,0	3,1	—	—	—
Удаленные части бассейна, гумидный климат	Гидратированно-гидрослюдистая	21,0	8,7	15,0	11,0	4,0
Прибрежное мелководье с признаками аридизации климата	Хлорит-гидратированно-слюдистая	25,0	7,1	20,6	13,2	7,4
Заливно-лагунная, аридный климат	То же	27,5	8,4	18,0	12,9	5,1

сов (1978) показал, что величины рассматриваемых геофизических свойств осадков характеризуются рядом: аллювиальные отложения (среднее значение 33—56 и стандартные отклонения 12,4—13,3) < поверхностные морские осадки в беспаводковый период (соответственно 47—79 и 11,2—17,5) < осадки длительной морской переработки (75 и 18,5).

Сводные данные по геохимическим критериям условий литогенеза в речной долине приведены в табл. 20.

### РЕКОНСТРУКЦИЯ ПАЛЕОКЛИМАТА

В широком аспекте проблемы палеоклимата и его реконструкции освещены в трудах Л. Б. Рухина, Н. М. Страхова, В. М. Синицына, К. И. Лукашева, А. В. Сидоренко и других исследователей, применительно к проблемам аллювиального литогенеза они разрабатывались Г. И. Горецким, Ю. А. Лаврушиным, В. А. Кузнецовым и др.

Климатические условия осадконакопления в погребенных речных долинах реконструируются на основе анализа строения аллювиальных толщ, литологических особенностей пород, минералогических ассоциаций, петрографо-гранулометрического состава обломков и закономерностей распределения химических элементов; большое значение имеет анализ фаунистических, флористических ископаемых остатков и их ассоциаций по данным палеонтологического, карпологического, палинологического и других методов изучения речных осадков.

### Показатели ледового климата

К показателям ледового климата относятся: господство гидрослюды и хлорита среди глинистых минералов; преобладание ассоциаций неустойчивых минералов, наличие гляциоаллювия; чередование аллювиальных отложений с флювиогляциальными и лимногляциальными; развитие криогенных деформаций — вертикальных жил песка в глинах, морозобойных клиньев; гляциотектонические нарушения и структуры; слабое распространение гипергенных соединений железа; наличие лессов и лессовидных пород; характер цикличности и смена осадков разного гранулометрического состава, преимущественно грубообломочного.

Г. И. Горецкий (1958) связывает цикличность с изменениями водности рек при колебаниях климата; в частности, для ледниковых эпох он выделяет особые типы речных осадков — просхозогляциальный и гляциоаллювиальный, Ю. А. Лаврушин (1966) по циклическому характеру смены фаций, литологического состава осадков, развития органического вещества и диагенетического минералообразования характеризует основные черты рек субарктического, умеренного и семиаридного поясов.

Аллювий перигляциальных областей отличается от аллювия умеренного пояса некоторыми гранулометрическими характеристиками (рис. 9).

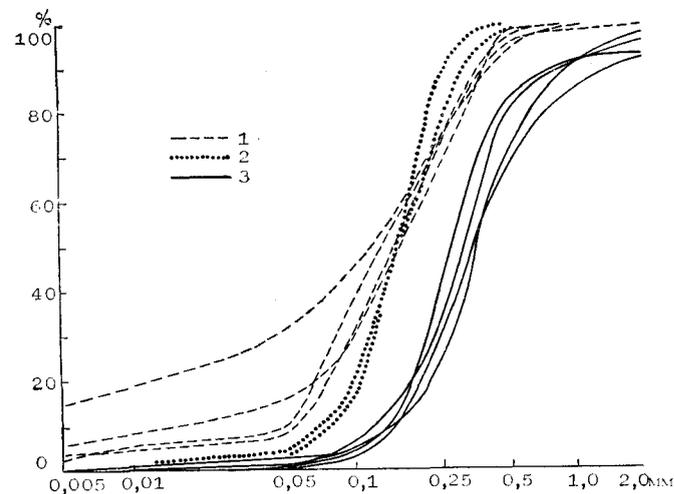


Рис. 9. Кривые гранулометрического состава руслового аллювия перигляциальной области и умеренного пояса (Афремов, 1976). Аллювий: 1 — перигляциальной области, формировавшийся при участии осадков талых ледниковых вод, 2 — перигляциальной области, формировавшийся без участия осадков талых ледниковых вод, 3 — умеренного пояса

Полярные и низкоширотные палеодельты А. Наиди и Т. Моват (Naidi, Mowatt, 1975) выделяют по слабой выраженности дельтовых фаций, отсутствию или незначительному развитию фаций пойменной, прирусловых валов и прибрежных дюн, низкому содержанию тяжелых минералов и т. д.

### Показатели гумидного климата

Общими показателями рассматриваемого климата являются: 1) величины отношений  $Al_2O_3:TiO_2$ ;  $Al_2O_3:SiO_2$ ; 2) наличие бокситов, железных руд, торфа и угля; 3) зоны каолинизации, придающие осадкам белый цвет.

Гумидно-тропический климат характеризуется господством гиббсита, диаспора, развитием ярко-красных и зеленых глин пестроцветных толщ, наличием углей, латеритов, бокситов, образованием сиаллитных, ферритных и аллитных продуктов; гумидно-умеренный — преобладанием галлуазита, монтмориллонита среди глинистых минералов, образованием сиаллитных, карбонатных продуктов (Лукашев, 1960). Там, где аллиты и бокситы преимущественно бемитового и бемит-диаспорового состава, области их литогенеза связаны с переходом к умеренно-аридной, а где глинистые аллиты — к переменнo-влажной субтропической зоне (Пак, 1977).

При сменах климатических обстановок в разрезах аллювиальных свит наблюдаются закономерные изменения. При этом об увеличении потепления обычно свидетельствуют: повышение степени глинистости, оглеенности и заболоченности горизонтов аллювия,

увеличение содержаний железистых новообразований — гематита, лимонита и лейкоксена, рост количества частиц более высокой окатанности в сочетании с повышенной (при теплом влажном климате) или с малой (теплый сухой климат) выветрелостью неустойчивых минералов. Развитие тепло-полусухого климата отмечается наличием погребенных почв черноземного типа, а холодного гумидного — подзолистых почвенных горизонтов.

Исследования распределения микроэлементов в поглощенном комплексе позволили разделить их на три группы: Сг, Ni — поведение их определяется наличием окислов и гидроокислов железа; V, Mn, Ca, Mg, K, менее Na — связанных с органическим веществом; Си и частично Ва — не обнаруживающих прямой связи с адсорбцией органическим веществом. Связь микроэлементов с поглощенным комплексом органического вещества определяет их распространение в ряду осадков нормального и перигляциального аллювия, соответственно формировавшихся в теплых и холодных климатических условиях. Было показано, что в речных осадках вюрмского возраста при переходе от теплых к перигляциальным обстановкам отмечается снижение поглощенных V (соответственно от 0,4 до 0,2% от валового содержания во фракции менее 0,001 мм), Mn (от 5,6 до 1,3), а также Ca (от 52,2 до 26,9 мг-экв на 100 г фракции), Mg (от 23,4 до 12,8), K (от 3,9 до 1,4) и Na (от 4,4 до 1,7). Поэтому состав поглощенного комплекса может быть применен как показатель палеоклиматических условий в антропогене (Лукашев и др., 1972).

Изменения в ассоциациях глинистых минералов, их термические и рентгеновские особенности были использованы для суждения о

Содержание различных форм железа в палеогеновых отложениях Монголия (Бадамгаров,

Порода	Fe <sub>вал</sub>	Fe <sub>обл</sub>	Fe <sub>HCl</sub> <sup>2+</sup>	Fe <sub>HCl</sub> <sup>3+</sup>	Fe <sub>сульф</sub> <sup>2+</sup>	Fe <sub>реакц.способн</sub> % от Fe <sub>вал</sub>
<i>Дельювиально-пролювиальные отложения</i>						
Глина светло-красная	3,26	1,48	Не обн.	1,78	Не обн.	57,6
Глина сильнокарбонатная розово-белая	0,53	0,20	«	0,33	Сл.	62,2
Песчаник с глинисто-карбонатным цементом	4,14	1,65	«	2,48	0,01	60,1
Глина красно-бурая	4,70	2,57	«	2,12	0,01	49,5
Глина красная	10,95	6,30	0,06	4,58	0,01	42,5
<i>Аллювиальные и аллювиально-озерные отложения</i>						
Глина зеленовато-серая	2,58	1,95	Не обн.	0,61	0,02	24,2
Песок серый	0,80	0,56	«	0,22	0,02	30,0
Глина розовато-зеленая	2,46	1,78	«	0,67	0,01	27,6
Песчаник серый	2,14	1,57	«	0,55	0,02	26,6

сменах климата в неогене на территории Припятского прогиба и разработки по этим признакам стратиграфической схемы верхне-олигоцен-неогеновой толщи прогиба (Зайцева, Кузнецов, 1982).

### Показатели аридного климата

Показателями аридного климата являются: 1) преобладание алевритовых частиц, плохая сортировка материалов, малые содержания C<sub>орг</sub>, повышенные концентрации карбонатов — до 20%; 2) ассоциация глинистых минералов — гидрослюд, монтмориллонита, сепиолита и палыгорскита; 3) величины Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: TiO<sub>2</sub> в глинистой фракции для аридного более 30 и семиаридного климата 30—20; 4) наличие солей CaSO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaCl, MgCl<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>, MgNO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>NO<sub>3</sub> и др.; 5) развитие красноцветной толщи.

Ю. Г. Цеховский и др. (1974) на примере древних речных долин Казахстана, осадки которых связаны с нижним—средним эоценом, показали, что погребенным долинным палеопочвам при аридном климате свойственны монтмориллонит с аномальными значениями d<sub>001</sub>, гидрослюды, гипс, коричнево-бурые окислы железа.

Д. Рензо (Renzo, 1968) применял диаграммы галечных отложений с координатами — отношение (100 × количество кварцевой гальки) : (количество кварцевой гальки + гальки метаморфических пород) и степень окатанности кварца (2r : L) × 1000, где r — величина радиуса в наиболее выдающейся части гальки и L — длина гальки. Им выделены поля, соответствующие теплоту гумидному, умеренному, семиаридному и холодному климату.

Среди палеогеновых разрезов Центральной Монголии были исследованы условия формирования аллювиальных и пролювиальных отложений, образовавшихся в единых геологических условиях и при одних и тех же источниках сноса. Генетическая природа отложений хорошо определяется по характеру слоистости, сортированности и промытости пород. Климатические различия их отражаются серой, зеленовато-серой окраской и грубыми осадками гидрослюдисто-монтмориллонитового состава для нижней толщи и красной, красно-бурой окраской, карбонатностью, тонкозернистостью осадков, гидрослюдистым составом глин для верхней толщи, отлагавшихся соответственно при влажном теплом и при теплом сухом семиаридном климате. Весьма показательны различия в содержаниях форм железа, что важно для палеоклиматических реконструкций и корреляции толщ (табл. 24).

Таблица 24

Долины озер, Центральная Лискин, 1976), %

Fe <sub>HCl</sub> <sup>2+</sup>	Fe <sub>HCl</sub> <sup>3+</sup>	Fe <sub>сульф</sub> <sup>2+</sup>
% от Fe <sub>реакц.способн</sub>		
<i>(верхняя толща)</i>		
Не обн.	100,0	Не обн.
«	100,0	«
«	99,6	0,4
«	99,6	0,4
0,06	99,3	0,1
<i>(нижняя толща)</i>		
Не обн.	91,8	3,2
«	91,0	9,0
«	95,5	4,5
«	96,5	3,5

Для реконструкции климата по химическому составу аллювия ряд важных закономерностей подмечен Б. С. Луневым (1967). В частности, он указывает, что по мере перехода аллювия от районов, характеризующихся холодным климатом, к теплым наблюдается увеличение в составе тяжелых минералов концентраций окислов Zr, Ti, Fe, Ge и уменьшение — окислов Si, Al, Ca.

### Примеры литогеохимических реконструкций палеоклиматических условий погребенных долин

На примере изучения *Anodonta*, *Crassiana*, *Unio* современных рек европейской части СССР, Средней Азии и *Stheriae* рек Африки показана обратная зависимость между величинами соотношений в них Ca : Sr и температурой речных вод при коэффициенте корреляции  $-0,97$  (рис. 10). Эти величины составляли для тропической зоны менее 150 (среднегодовая выше  $18^{\circ}\text{C}$ ), субтропической 150—200 (18—13), теплой 200—360 (13—10,5), умеренно теплой 360—700 (10,5—8,7), умеренно холодной 700 — более 900 (8,7 — ниже  $7,5^{\circ}\text{C}$ ). Установленные зависимости позволили реконструировать по моллюскам олигоценового, миоценового и эоплейстоценового аллювия Западного Прибайкалья средние палеотемпературы, хорошо согласующиеся с данными палеонтологии и палеоэкологии.

По величинам соотношений Ca : Mg в раковинах морского, солоноватоводного и пресноводного комплексов восстанавливаются температуры водной среды обитания этих животных (Верзилин, 1979).

При палеоклиматических реконструкциях широко используются данные химического анализа глинистых пород. В частности, В. И. Гавриловым (1977) показано на примере Амуро-Зейской депрессии, включающей аллювиальные, озерно-аллювиальные и другие кайнозойские отложения, что периоды похолоданий характеризуются минимальными величинами коэффициентов  $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{Na}_2\text{O}$ ;  $\text{K}_2\text{O} : \text{Na}_2\text{O}$ ; Zr : V и максимальными значениями суммарного клар-

ка концентраций Na + Mg + Mn + Co; климатические оптимумы имеют противоположные величины. Показано, что похолодания имели место в позднем олигоцене, среднем миоцене и на рубеже плиоцен-четвертичного времени; промежуточные отложения фиксируют четко выраженные потепления либо климатические оптимумы.

В континентальных глинах гумидного теплого климата Н. Н. Верзилин (1979) отмечает повышенные концентрации Ni, Ba, V, пониженные — B, Sr и величины отношений Sr : Ba (менее 1), Sr : Cu (1,3—5,0), а аридного — повышенные концентрации Ba, Mn и пониженные — V. В костных остатках, характеризующих гумидные условия обитания организмов, исследователем наблюдались относительно повышенные концентрации Mn, Be, Pb, Sc, а в аридных условиях — Cr, La, V, Y, Yb.

Исследования глинистых минералов, проведенные М. М. Ипатовым и А. Б. Шеко (1976) в разрезе аллювиальной и озерно-аллювиальной толщи ветлужской и баскунчакской серий триаса Московкой синеклизы, показали, что они образуют в первой серии три ритма: нижний — с монтмориллонит-хлорит-гидрослюдистой зоной и зоной смешаннослойного минерала; средний — с тремя зонами палыгорскита, смешаннослойного минерала и хлорит-гидрослюдистой; верхний — чередование зон монтмориллонита и смешаннослойного минерала. На основе анализа ассоциаций минералов показана связь палыгорскита с древними погребенными почвами речных долин, реконструирован аридный климат в ветлужский век и увлажненный — в баскунчакский век.

Отложения, сформированные в условиях теплого влажного и теплого сухого климата, различаются поведением соединений железа. На примере палеогеновых речных осадков Центральной Монголии показано, что первые имеют валовые содержания железа 2—2,5%, преимущественно обломочные, при реакционноспособной форме железа (в основном трехвалентное) 25—30% от валового; вторые — 3—10% валового железа при 50—60% реакционноспособной его формы (Лискун, 1976). На основании изучения форм железа в бассейне Амура, где во II надпойменной террасе этот элемент встречен в составе лишь терригенных минералов, сделан вывод об аридных условиях формирования речных осадков террасы (Никольская, 1963).

Г. Н. Колосова (1976) в качестве одного из возрастных критериев аллювия северо-востока СССР, связанного с изменениями климата в кайнозой, предлагает использовать среднее содержание аутигенного кальцита: для осадков верхний неоген — нижний плейстоцен — 10—30%, средний плейстоцен — 25, верхний плейстоцен — его отсутствие.

Нами совместно с К. И. Лукашевым, И. А. Добровольской показано, что на территории Белоруссии отложения межледниковых оптимумов антропогена отличаются от перигляциальных повышенными кларковыми концентрациями микроэлементов и составом поглощенного комплекса, что было использовано для уточнения палеогеографической обстановки формирования аллювия Пра-Днеп-

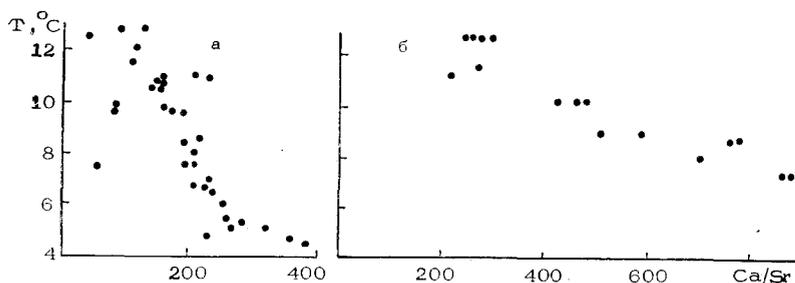


Рис. 10. Зависимости величин Ca : Sr в речных водах (а) и раковинах современных двухстворчатых моллюсков (б) от среднегодовых температур речных вод (Ясаманов, 1977)

ра. Геохимические данные хорошо согласуются с ассоциациями диатомовых организмов в аллювиальных осадках, свидетельствующих о холодных или теплых климатических условиях во время их обитания (Кузнецов, 1973б; К. И. Лукашев и др., 1972).

Восстановление палеоклимата лежит в основе многих исследований, связанных с определением неоген-четвертичной границы. Ряд из них выполнен на примере изучения аллювиальных свит.

Так, Э. Д. Ананьев (1966) использовал колебания содержаний неустойчивых минералов для выяснения климатических обстановок южного Урала в период формирования верхнеплиоцен-позднеплейстоценовых аллювиальных террас. З. В. Алешинская и др. (1972) по различиям ряда показателей речных отложений шарпыдакской и джуукинской свит, а именно величин медианного диаметра частиц (соответственно 0,64 и 0,16 мм), содержаний терригенных минералов, включая роговую обманку (61,1 и 44,4%), эпидот (3,0—9,2), и аутигенных — кальцита (12 и 91), барита (5—10), суммы солей (0,61 и 0,44%) и величин коэффициентов устойчивости (0,22 и 0,08), установили, что во время формирования этих отложений в позднем плиоцене произошло похолодание, увеличилась континентальность климата и активизировались тектонические движения. Сделаны выводы о фашиально-генетических типах осадков, геоморфологии, климате и других палеогеографических характеристиках образования указанных горизонтов аллювия. Погребенные аллювиальные почвы Иссыккульской котловины имеют возраст  $6850 \pm 110$  лет. Уточнено время изменений климатических условий в сторону потепления и меньшей влажности, так как перекрывающий аллювиальные отложения пролювий содержит больше карбонатов, растворимых солей, имеет повышенные величины рН (Алешинская и др., 1977).

Л. А. Боброва и др. (1977) при исследовании бассейна Палео-Немана показали, что максимальные величины отношений  $\text{Sr} : \text{Ni}$ ;  $\text{Mn} : \text{Ni}$ ;  $\text{Ti} : \text{Zr}$  отражают наиболее теплые климатические условия,  $\text{Zr} : \text{Ni}$ ;  $(\text{Ti} + \text{Zr}) : (\text{Cu} + \text{V})$ ;  $(\text{Ti} + \text{Zr}) : (\text{Ni} + \text{Sr} + \text{Co})$  и  $(\text{Ti} + \text{Zr}) : \text{Mn}$  — наиболее холодные. Вверх по разрезу снижаются концентрации  $\text{Sr}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{V}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{Fe}$  и повышаются  $\text{Ti}$ . Геохимическая цикличность здесь связывается с климатическими изменениями условий формирования озерно-аллювиальной толщи неоген-плейстоценового времени.

При изучении аллювия различных климатических условий Б. С. Лунев (1967) показал, что речные осадки высокотемпературных зон характеризуются пониженными концентрациями кремнезема и повышенными — окислов титана, циркония, церия и других редких элементов, что особенно четко проявляется в составе тяжелой фракции. Н. В. Разумихин (1974) для восстановления климата позднего плиоцена строил палеоклиматические карты на основе территориального распространения россыпей.

Как видно из изложенного, реконструкция палеоклимата погребенных речных долин осуществляется большим комплексом лито-геохимических данных. Главными из них являются анализ поведе-

ния соединений железа, карбонатов, глинистых минералов, определяющих соответственно ассоциации и характер концентраций микроэлементов.

## РЕКОНСТРУКЦИЯ ПАЛЕОТЕКТОНИЧЕСКОГО РЕЖИМА

Для выявления неотектонических движений широко используются геоморфологические характеристики речных долин (плановый рисунок гидросети, конфигурация долин, коэффициенты меандрирования, материалы профилей и уклонов рек, анализ линейментов ландшафта и геоморфологических аномалий и др.). Примером такой реконструкции является исследование неотектоники Припятского прогиба (Матвеев и др., 1980).

Связи строения аллювиальных толщ и особенностей их литологического состава с тектоникой отражены в работах Н. И. Николаева (1947), В. В. Ламакина (1948) и других исследователей.

Так, Г. Ф. Мирчинк (1960) связывал неотектонические движения с россыпеобразованием, отмечая, что наиболее благоприятными для обнаружения хорошо сохранившихся многоярусных россыпей золота являются участки речных долин, где эпейрогенические движения кайнозоя совпадают с местами современных и древних речных систем. Б. С. Лунев (1967) всесторонне охарактеризовал процессы изменения концентраций тяжелых минералов и грубообломочного материала речных осадков в зависимости от положительных и отрицательных неотектонических структур, вскрыл волновой характер дифференциации вещества в долине, связанный с тектоническими движениями земной коры. Участки, испытывающие поднятия, выделяются им по повышению концентраций тяжелых минералов и соответственно соединений  $\text{Fe}$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Ti}$ ,  $\text{Zr}$  в аллювиальных отложениях. В. Е. Некос и др. (1967) характеризуют связь между неотектоникой и количеством тяжелых минералов в русловой фации аллювия Украины по величинам отношений циркон : рутил : силлиманит : дистен; (рудные + циркон + рутил) : (турмалин + силлиманит). А. Вейсрок и П. Рогнон (Weisrock, Rognon, 1977), сопоставляя состав, условия залегания аллювиальных и морских отложений различных уровней в долинах марокканского Атласа, восстановили неотектонические движения в регионе от плиоплейстоцена до последнего межледниковья, а также охарактеризовали эрозионные аллювиальные фазы за последние 95 тыс. лет.

В последние годы в местах сейсмической активности исследования речного аллювия с целью определения тектонических критериев связываются с выбором гранулометрических фракций, величин выходов тяжелых минералов. Выявляется корреляция между геохимическими процессами и сейсмическими явлениями, что важно для разработки, во-первых, геохимических индикаторов — предвестников землетрясений, во-вторых, для выяснения показателей палеоземлетрясений — области знаний, совершенно неизученной и важной для суждения о древнем литогенезе и рельефообразовании,

**Ассоциации шлиховых минералов аллювия в зависимости от горных пород и рудоносности бассейна речной эрозии (по данным Ициксона, 1953; Ложкина, 1962)**

в-третьих, для сейсмического районирования активных в этом отношении регионов.

Наблюдения показывают, что речные долины, поскольку они часто пространственно связаны с зонами разломов, становятся местами изменений уровней подземных вод, повышения активности горячих, сероводородных и радоновых источников, увеличения нефтеотдачи, возрастания концентраций Rn, He, Ar, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, изменений состава и степени минерализации вод в период, предшествующий землетрясениям. Эти, а также данные по происхождению сейсмovolн в горных породах, видимо, могут быть использованы вместе с другой информацией для реконструкций и корреляции аллювиальных отложений и погребенных долинных структур.

### **РЕКОНСТРУКЦИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБСТАНОВОК БАСЕЙНОВ РЕЧНОЙ ЭРОЗИИ**

Состав речных отложений несет в себе важную информацию не только о самом аллювии, но и о геологических и палеогеографических условиях в бассейнах эрозии и на площадях водосборов. Из этих условий подлжит реконструкции прежде всего геологическое строение бассейна и состав его горных пород, расширяющие представления об аллювиальном литогенезе в речных долинах и породообразовании на прилегающих к ним территориях, что важно для геологического и геохимического картирования. Особое значение при этом имеет выяснение рудоносности аллювия и перспектив обнаружения коренных месторождений полезных ископаемых.

### **Восстановление геологического строения и состава пород бассейнов эрозии**

Уже первое знакомство с минералогическим составом речных отложений дает возможность судить о характере горных пород на площадях водосборов, а его детальное минералогическое изучение и картирование аллювия — выявлять площади распространения литологических, петрографических и генетических типов пород, их взаимоотношение друг с другом, устанавливать пространственное развитие продуктов осадочных, изверженных, эффузивных, пегматитовых, пневматолитовых, гидротермальных, метасоматических и метаморфических процессов, уточнять характер гипергенеза и развития кор выветривания на водоразделах, определять геолого-тектоническое строение региона.

При реконструкциях широко используются породообразующие минералы речных осадков (кварц с его различными морфологическими и геохимическими признаками, полевые шпаты и слюды), а также тяжелые минералы (гранаты, роговая обманка, пироксены, рутил, апатит и др.), петрографические особенности галечного материала (типы изверженных, метаморфических, осадочных пород, их соотношения и отдельные петрографические признаки). Уточняя

Показатели различных типов горных пород	Показатели месторождений полезных ископаемых
Алмаз, золото самородное, ильменит, корунд, магнетит, оливин, серпентинит, осмистый иридий, палладий самородный, пикотит, пироксены, платина самородная, плеонаст, хромит — основные и ультраосновные породы	Платина, иридий, палладий, пикотит, плеонаст, ильменит, оливин, хромит, магнетит, иногда алмаз — коренные месторождения платиноидов и их россыпи
Апатит, гранаты, магнетит, перовскит, рутил, сфен, флюорит, циркон, эвдиалит — щелочные интрузии	Касситерит, танталониобаты, лепидолит, сподумен, турмалин, монацит, иногда молибденит, вольфрамит — касситеритовые месторождения пегматитового типа и сопровождающие их россыпи
Анатаз, апатит, вольфрамит, гематит, золото самородное, гранаты, ильменит, касситерит, кварц, кианит, ксенотим, лепидолит, магнетит, молибденит, монацит, ортит, рутил, силлиманит, ставролит, денит, сфен, сфалерит, топаз, турмалин, флюорит, циркон, шеелит — средние и кислые интрузии	Касситерит, вольфрамит, топаз, турмалин, флюорит, берилл, шеелит, висмут, базобисмутит — касситеритовые месторождения кварцево-касситеритового типа и сопровождающие их россыпи
Апатит, берилл, брукит, висмут самородный, вольфрамит, гадолинит, гранаты, золото самородное, ильменит, касситерит, колумбит-танталит, ксенотим, лепидолит, магнетит, молибденит, пирит, рутил, самарскит, сподумен, танталониобаты, турмалин, флюорит, циркон, шеелит, эвклаз — пегматитовые жилы и пневматолитовые граниты	Касситерит, сульфиды, турмалин, железистый хлорит, магнетит, гранат, лимонит — касситеритовые месторождения сульфидно-касситеритового типа и их россыпи
Амфиболы, андалузит, гранаты, кианит, кордиерит, корунд, пироксены, силлиманит, ставролит, цоизит — метаморфические породы	Шеелит, золото, сульфиды — молибденовые месторождения золотоносных кварцевых жил
	Шеелит, гранаты, пироксены, сульфиды — молибденовые месторождения скарнового типа
	Киноварь, флюорит, золото, сульфиды, самородная ртуть — коренные ртутные месторождения
	Берилл, флюорит, хризоберилл, лепидолит, сподумен, фенацит, топаз, турмалин, вольфрамит, колумбит, корунд, касситерит — месторождения берилла пегматитового типа

Показатели различных типов горных пород	Показатели месторождений полезных ископаемых
Аксинит, аметист, амфиболы, андалузит, апатит, берилл, везувиан, гематит, гранаты, диаспор, кианит, магнетит, оливин, пироксены, силлиманит, слюды, сульфиды, сфен, топаз, турмалин, флюорит, хлориты, цоизит, шеелит, шпинель, эпидот — зоны контактов с известняковыми породами	Алмаз, ильменит, магнетит, платина, хлорит, пикотит, пироп, оливин, серпентин — коренные месторождения алмазов и их россыпи
Андалузит, гранаты, кордиерит, корунд, пирротин, рутил, ставродит, турмалин, шпинель — контакты с глинистыми породами	
Амфиболы, везувиан, гематит, гранаты, касситерит, молибденит, ортоклаз, пироксены, халькопирит — скарны	

ются не только типы пород на водоразделах, но восстанавливаются контуры и площади минералого-геохимических провинций и история развития речной сети в определенные отрезки геологического времени (Рухин, 1962).

Ассоциации шлиховых минералов являются индикаторами различных типов горных пород (табл. 25). Среди минералов шлихов детально исследуются типоморфные минералы или их отдельные признаки (особенности окраски, кристаллической формы, химического состава, изоморфных примесей, полиморфные модификации), указывающие на генезис пород, температуру их образования, постагматические и гидротермальные изменения, этапы интрузивной, эффузивной, метасоматической и гипергенной деятельности, на условия и время определенных геофаз геохимических процессов.

Как известно, тип горных пород предопределяет концентрации химических элементов, поэтому по парагенетическим ассоциациям элементов в аллювии могут быть выявлены основные черты состава горных пород и геологического строения бассейнов речной эрозии. При этом используются следующие группы геохимических критериев: парагенезисы и уровни содержания химических элементов в осадке, гранулометрических фракциях, экстрактах и других составляющих осадка, геохимические особенности терригенных и аутигенных минералов (табл. 26).

### Реконструкция рудоносности бассейна

Существуют различные подходы к геохимическим реконструкциям рудоносности территорий. А. Е. Ферсман (1939, с. 113) указывал, что «искать нужно в данном районе прежде всего то, что при данном сочетании геологических, физико-химических и геохи-

мических факторов рудоносности территорий имеет первостепенное значение для прогнозов выявления месторождений полезных ископаемых и организации их поисков». При реконструкциях рудоносности территорий он особое значение придавал определению парагенезисов химических элементов, разработке показателей геохимических процессов, их фаз и обстановок, выяснению характера геохимических систем (щитов, платформ, поясов, геохимических полей, узлов и провинций), установлению определенных геохимических эпох, уточнению связей миграции элементов с тектоническим режимом территорий, определению кларков концентраций элементов и т. д.

По И. И. Гинзбургу (1957), реконструкция с поисковых позиций осуществляется по следующим индикационным признакам: присутствию в ряде осадочных пород в отдельных горизонтах определенных химических элементов; наличию для отдельных групп месторождений разного генезиса и состава характерных примесей; повышенному содержанию в полиметаллических месторождениях одного или нескольких химических элементов; определенным соотношениям некоторых элементов друг с другом в месторождениях разных генетических типов; содержанию в отдельных горизонтах или тектонических структурах особых элементов; наличию близ месторождений полей минерализации с особо летучими элементами; присутствию в минералах гипергенно-измененных пород адсорбированных микроэлементов; различию продуктов изменения первичных минералов, а также продуктов гипергенной миграции или сорбции; низкому рН водных вытяжек из пород зон окисления сульфидных месторождений и нередко его низким величинам вблизи таких месторождений.

Исходя из закономерностей геохимии аллювиального литогенеза и рудообразования, нами выделяются следующие группы геохимических критериев рудоносности территорий, основанные на исследовании химического состава аллювия и его геохимических особенностей (табл. 27).

Поисковыми предпосылками на основании изучения речных осадков выступают: обломки горных пород и ассоциации минералов как показатели определенных россыпей; ассоциации тяжелых минералов — свидетели дизъюнктивных нарушений и неотектонических поднятий как показатели структур возможной гидротермальной деятельности, соленосных и нефтегазоносных проявлений; фаунистические находки как свидетели определенных рудоносных и геохимических эпох.

Поисковыми признаками по данным состава речных отложений являются: выходы на поверхность в речных долинах месторождений руд либо наличие речных обломков с рудой или околорудными изменениями пород; ореолы и потоки рассеяния и концентрации рудных минералов и химических элементов; геохимические особенности обломков горных пород или минералов, связанные с различными этапами, процессами и условиями рудогенеза; наличие геохимических и геофизических аномалий; пространственные законо-

Геохимические критерии реконструкций геологических и палеогеографических обстановок в бассейнах речной эрозии по данным изучения аллювия

Геохимические критерии	Состав пород и геологическое строение бассейнов	Палеоклиматические условия	Палеотектонические условия
Парагенезисы и содержание элементов в осадке	К, Си, Ni — граниты, Zn, Си, Ni — осадочные породы (1)* Mo, Zn, Си, Pb — гранитные интрузии с грейзенами и Zn—Pb с жилами (2) Си — разделение гранитов, гнейсов, норитов, песчаников и других пород (3)	SiO <sub>2</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> O (8) Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :TiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :SiO <sub>2</sub> и др. (9) Ca:Sr, Ca:Mg (10) Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :Na <sub>2</sub> O; K <sub>2</sub> O:Na <sub>2</sub> O; Zr:В, суммарный кларк Na + Mg + Mn + Co (11) Ni, Ba, V, В, Sr, Mn; Sr:Ba, Sr:Cu (12) Cr:Ni, Mn:Ni, Ni:Zr, (Ti+Zr):(Cu+V); (Ti+Zr):(Ni+Cr+Co) и др.; Cr, Ni, Cu, V, Fe, Ca, Ti и др. (13)	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, TiO <sub>2</sub> , Fe, Ti, Zr, Ca, Mg (19) В водах источников—Rn, He, Ar, CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , степень минерализации
Парагенезисы и содержание элементов в гранулометрических фракциях и других составляющих осадка	Ассоциация тяжелых минералов немагнитной фракции: Sn, Mo, W, Nb, Bi — граниты, Со, Сг — основные породы (4) Фракции—80 меш: P, Be, Li, Сг, Sn—граниты разных фаз, Ni, Сг—зеленокаменные породы, сланцы, эффузивы (5)	Кислая вытяжка из фракции—80 меш Cu (14) CaCO <sub>3</sub> , сумма солей (15) Поглощенный комплекс: V, Mn, Ca, Mg, Na (9) Форма железа Fe <sub>вал</sub> , Fe <sub>обл</sub> , Fe <sub>НСl</sub> <sup>+3</sup> , Fe <sub>НСl</sub> <sup>+2</sup> , Fe <sub>сульф</sub> <sup>+2</sup> , Fe <sub>реакц.способн</sub> (16)	
Геохимические особенности терригенных минералов	Фракции <0,075 и > 0,03 мм: Сг — граниты и ультраосновные породы (6) Илисто-глинистая фракция: Mn, Со, Ti, V, Сг, Zr, Cu, Zn, Sn, Be, Sr, Ba — изверженные породы различного состава (7) Магнетиты: Fe:Mg — глубинные и близповерхностные гидротермальные руды, Ti, Mn, Сг, V — внутриинтрузивная рудная залежь; монациты: Nd, Sn, Cd, La, Се — пегматиты, +Th — низко- и высокотемпературные жилы (4)	Костные остатки организмов: Mn, Be, Pb, Si, Сг, La, V, Y, Yb (12) Fe <sub>вал</sub> , Fe <sub>обл</sub> и Fe <sub>реакц.способн</sub> (17)	
Аутигенные минералы и их геохимические особенности		CaCO <sub>3</sub> (18)	

\*) Примеры использования критериев даны в работах: 1 — Merefild, 1974; 2 — Touchid, 1964; 3 — Webb e. a., 1963; 4 — Boyle e. a., 1968; 5 — Mitchell, Mugenyi, 1965; 6 — Sarozzo e. a., 1973; 7 — Мицкевич, 1971; 8 — Костерин, 1972; 9 — Кузнецов, 1973б; 10 — Ясаманов, 1977; 11 — Гаврилов, 1977; 12 — Верзилин, 1979; 13 — Боброва и др., 1977; 14 — Li Pingtan, 1967; 15 — Алешинская и др., 1972; 16 — Бадамгаров и др., 1976; 17 — Лискун, 1976; 18 — Колосова, 1976; 19 — Лунев, 1967.

Геохимические показатели рудогенеза в долинах рек и на площадях их водосборов по данным изучения аллювия\*)

Геохимические критерии	В речных долинах	На площадях водосбора
Парагенезисы и содержание элементов в осадке	Fe, Mn, Ce, Sc, V, Co, Ni, P, Cr, As — железные руды Mn, Fe, Co, Ni, Ba, Te — марганцевые руды Cu, Pb, Co, V, Cr, Ni, Ag, Ba, Be, Se, Ge, As, Sb, Re, Te, Cd, Mo, Bi, Au — медистые песчаники Al, Fe, Ti, Ga, V, Ge, Cr, Sr, Mo, Zr, Be, Sc, Nb — бокситы U, Sc, Te, Ce, V, Mo, Ag, Re, Cr, Co, Ni, As, Pb, Zn — урановые руды P, U, TR, Th, Nb, Sc, Zr, Cu, Pb, Zn, Co, Ca, Mo, V, Ag, Be, Cr — фосфориты Au, Pt, Th, Ti, U — россыпи золота Ti, Fe, Cr, Mn — россыпи титана Sn, W — россыпи олова U, Th, Ti — россыпи радиоактивных элементов Y, La, Ce — россыпи редкоземельных элементов C — россыпи алмазов U, Ce, Mo, Ni, Co, Bi, Cu, Re, B, Te, Ti, Sc, Ga, Zr — месторождения угля, горючих сланцев Pb, Cr, Ni, Bi, Ti, Co, Zr и др. — сульфидные, магнетитовые и медистые конгломераты	Li, Rb, Cs, Be, Nb, Ta, Sc — пегматитовые руды Sn, W, Mo, Be — пневматолитовые руды Cu, Ni, Pb, Cd, In, Te, Ge, Bi, As, Sb, Au, Ag, Ba, Hg — сульфидные гидротермальные руды Cu, Ni, Pb, Co, Ag, Au, Ba, Sr, Zn, Be, Zr, Th, P, Ti, Cr, Mn, V — медно-никелевые руды Sn, Pb, Zn, Ag, Au, Co, Ni, Sb, Th, U, Mn, W — касситеритовые руды Pb, Zn, Cu, Ag, As, Au, Sn, Cd, Co, Ni, Sb, Th, U — полиметаллические руды Au, Pb, Zn, Cu, Ag, As, Co, Ni, Sb, Mn — золотосные руды Hg, As, Sb, Ag, Ba, Cu — ртутные месторождения Пробность золота — гидротермальные метаморфические и другие месторождения золота Pb, Cr, Ni, Bi, Ti, Co, Zr — сульфидные рудоносные конгломераты Отношения Fe, U, Ti, Th, Zr — типы рудоносных конгломератов Y, TR, Zr, Hf, Th, U — редкоземельные руды
Парагенезисы и содержание элементов в гранулометрических фракциях и других составляющих осадка	Au, Sn, W, Ta-Nb, Zr, Ti в шлихах и отдельных гранулометрических фракциях — соответственно россыпные месторождения золота, олова, ванадия, тантала и ниобия, циркония, титана и др. Cl : SO <sub>4</sub> в солевом остатке — нефтяные и газовые месторождения	Hg в шлихах — алмазосные кимберлиты
Геохимические особенности терригенных минералов	Mg : Ca, Cr в пиропсах — россыпи алмазов Ca, SO <sub>4</sub> — карбонатные и сульфатные месторождения C : N битумов — месторождения нефти и газа	Пириты с Ag, Au, Cu — золото-пиритовые руды Магнетиты с Cr — альпийские жилы, с Ga — рудоносные пневматолиты и пегматиты, с Zn и Sn — контактово-

Геохимические критерии	В речных долинах	На площадях водосбора
Геохимические особенности аутигенных минералов		пневматолитовые месторождения Цирконы с Zr : Hf = 3—20 — редкоземельные пегматиты Окислы железа с Fe : Cr = 17—67 — серпентиниты. Вады и лимониты с Be, Li, Pb, Cs, Y, Sn, Mo, P, TR — берилловые руды, с Ag, Cu, Pb, Zn, U — серебряные руды, с Zn, Cd, Cu, Ag, As — месторождения цинка Магниты и гагаты с Pb, Cu, Zn — сульфидные руды
Изотопы	<sup>13</sup> C : <sup>12</sup> C в метане — месторождения нефти и газа	Сульфиды с <sup>32</sup> S : <sup>34</sup> S = 4,9 — 22,5 — гидротермальные месторождения; 22,3 — осадочные сульфидные руды Карбонаты с <sup>12</sup> C : <sup>13</sup> C = 90,5 — 95,5 — серные месторождения; 95,5 — рудоносные карбонатиты

\*) Примеры использования показателей даны в работе В. А. Кузнецова (1976).

мерности рудогенеза в речной долине: месторождения россыпей Ti, Cr, редких и рассеянных элементов, бокситов, стройматериалов в верховьях рек; россыпи рассеянных элементов и хемогенные месторождения Fe, Mn, Cu в дельтовых областях; особенности микро-рельефа долин, обусловленные наличием пород разной степени устойчивости, в том числе рудоносных.

Реконструкция рудоносности территорий водосборов по аллювию, как и постановка поисков полезных ископаемых в речной сети, основывается на комплексе знаний и методов и исходит из цели выявления всех полезных ископаемых, которые могут быть встречены в данном районе.

#### Замечания к вопросу аналогии геохимии аллювиального литогенеза современных и прошлых геологических эпох

При реконструкциях литогенеза прошлого широко применяются сопоставления современных речных долин с древними (Deltas models..., 1975; Шамм, 1974; Adams a. e., 1965 и т. д.), на основе которых осуществляется корреляция геоморфологических форм строения речных долин и дельт, скорости речных потоков,

темпов и характера осадконакопления, а также химических процессов выветривания на водосборных площадях и седиментогенеза в речных долинах. При этом используется информация по гранулометрическому, минералогическому, химическому составу отложений.

На наш взгляд, в выяснении аналогий и различий современных и прошлых процессов и продуктов аллювиального литогенеза с геохимических позиций необходимо исходить из следующего. Процессы механического осадконакопления применительно к соответствующим типам речных осадков остаются малоизмененными с древних эпох. Что касается геохимических процессов, то в добиогенный этап развития земной коры минерализация и аккумуляция химических элементов в долинах имели некоторую специфику, связанную с особенностями химизма атмосферы, гидросферы и отсутствием органических форм миграции элементов. С появлением и развитием биосферы качественно и количественно изменяются формы и объемы речной миграции и аккумуляции вещества. Пойменный процесс как сочетание аллювиальных, биогенных и почвенных процессов стал развиваться только с появлением живого вещества и его эволюции. С развитием земной коры и ее отдельных регионов изменялись составы атмо-, гидро- и биосферы, энергетика геологических процессов, что вело к эволюционному изменению кларков литосферы, состава пород водосборных территорий, а следовательно, и состава аллювия.

В геохимическом аспекте специфика дифференциации аллювия в антропогене определяется рядом условий, характерных для ледникового облика последнего геологического периода. Химическая дифференциация аллювия в антропогене более сложная, что связано с изменениями и динамикой ледниковых (моренных) источников материала для речного осадконакопления; наличием специфических геоморфологических обстановок аллювиального литогенеза в условиях аллювиальных равнин типа полесий, переходов зандровых равнин в речные; с наложением речных долин на ложбины ледникового выпахивания и размыва; развитием перигляциального аллювия и аллювиальных лессов; перемещением физико-географических зон в связи с покровными оледенениями; изменениями климата по причине наступания и отступления ледников; влиянием вечной мерзлоты на состав терригенного материала, миграцию элементов и другие процессы в зонах таликов и т. д. Наконец, геохимическая специфика аллювиального литогенеза проявляется в воздействии на реки и их осадки деятельности человека и техносферы. С выступлением человека как геологической силы механические, химические, биогенные процессы и факторы в речных долинах часто претерпевают значительные изменения, сопровождающиеся нарушением естественных закономерностей аллювиального литогенеза.

Таким образом, принцип аналогий в изучении аллювия при геохимических корреляциях не может быть полностью перенесен с четвертичных на более древние речные системы.

## КОРРЕЛЯЦИЯ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ И ОТЛОЖЕНИЙ В РЕЧНЫХ ДОЛИНАХ

Корреляция аллювиальных процессов и их продуктов в речных долинах включает выделение и прослеживание аллювиальных фаций, отдельных горизонтов, особенно маркирующих, толщ и формаций. Дополняет ее корреляция геоморфологических элементов погребенных и современных речных долин, а в случае их значительного протяжения — сопоставление долинных ландшафтов. В стратиграфическом разрезе долин, связанных с четвертичным осадконакоплением, важно выделение и прослеживание речных осадков различных палеогеографических арен, т. е. территорий, различающихся особенностями геологического строения и развития. Пространственные закономерности сопряжения процессов литогенеза и рудогенеза в речных долинах позволяют коррелировать рудоносные формации, а также отдельные горизонты и пачки аллювия, несущие полезные ископаемые.

Проводя геохимическую корреляцию, необходимо всегда иметь в виду, что аллювиальные отложения формируются в процессе прислонения осадочного материала, а не его наслаения. В элементарном аллювиальном цикле времени имеет горизонтальную направленность в отличие, например, от озерных и морских отложений, вектор времени которых направлен вертикально. Эта особенность формирования аллювия имеет важное методическое значение.

### КОРРЕЛЯЦИЯ РЕЧНЫХ ФАЦИЙ И ИХ ГОРИЗОНТОВ

Прослеживание речных фаций и их горизонтов является основной корреляции аллювиальных отложений вкрест и по простирацию долины, одним из элементов пространственного оконтуривания погребенных речных долин. Такая корреляция обычно осуществляется на отдельных участках речных долин либо рек одной и той же общей территории и часто применяется при поисках и прослеживании рудных горизонтов, россыпей, уточнении строения и истории развития долины. При этом учитываются следующие общие черты геологического разреза речной долины: неоднократность чередования вверх по разрезу аллювиальных фаций и их сочетаний, связанная с блужданием водного потока в долине и переотложением речного материала; то, что долины имеют одно русло лишь в верхних и средних течениях рек или областях раз-

мыва крепких скальных пород, в то время как в дельтовых, заливных и предгорных районах они характеризуются наличием нескольких русел и множеством протоков, значительно усложняющих пространственное и временное прослеживание аллювиальных отложений; возможные полные или частичные размывы предшествующих речных отложений в ходе геологического развития долины; изменения состава речных осадков и их фаций по долине в связи с аллювиальной дифференциацией переносимого и переотлагаемого материала, разнообразием геологического строения площадей водосборов и пород питающих провинций; прохождение рек через различные географические арены и климатические зоны, а также территории с неодинаковым тектоническим режимом; характер фаз аллювиальной эрозии и аккумуляции — инстративной, перетративной, констративной и т. д.

### Прослеживание русловой фации

Осуществляется по следующим литологическим и геохимическим признакам: наличию галечников и дресвяно-галечного материала, характерных для горного аллювия, а также вблизи мест эрозии коренных пород у равнинных рек; горизонтам крупно- и среднезернистых песков с различной степенью окатанности зерен, наиболее распространенных в равнинных областях; косой слоистости речного типа; ориентированному положению галек горных пород и обломков древесины; ассоциациям новообразований — гидрокислов и сульфидов железа, карбонатам; прослоям, обогащенным шлихами; развитию литогенной геохимической фации; по относительно слабому распространению органического вещества.

Иногда наличие крупных костных остатков, особенно млекопитающих, указывает на стрежневую, а створок *Unio*idae — прибрежную фации. При этом по соотношению песчаного и глинистого материала осадка часто делается заключение о дальности переноса ископаемых остатков.

При прослеживании отложений русловой фации учитываются некоторые литологические различия и особенности обломков, связанные с обстановками стрежени, прирусловой отмели и перекатов, а также перлювия.

А. А. Лазаренко (1964) отмечает четкость дифференциации состава аллювия в ряду русловой фации. Так, у песков наблюдается закономерное уменьшение величин  $Md$  и  $S_{60}$ , соответственно равных, например, для р. Десны: субфации перекатов 0,31 мм и 1,23, плесов 0,30 мм и 1,32, заиленных песков 0,26 мм и 1,36, субфации русловых отмелей 0,21 мм и 1,25. Фации пристрежневая и русловой отмели обычно относительно обогащены ильменитом, рутилом, магнетитом и цирконом. От стрежени к русловой отмели уменьшается величина окатанности кварца (например, у Днепра близ Днепрово-Каменки во фракции 0,21—0,16 мм она соответственно составляет 2,18 и 1,88), полевых шпатов (2,58 и 2,37) и роговой обманки (2,03 и 2,11), возрастает у ильменита (3,06 и 3,17) и турмалина (2,05 и 3,0).

Увеличиваются в этом ряду концентрации V, Ba, Sr, Zr, Ti. Например, для песков среднего Днепра (в  $n \cdot 10^{-3}\%$ ): для Ti от 30 до 400; Zr от 6 до 32; V от не обн. до 4; Ba от следов до >30; Sr от не обн. до 20. Содержание  $C_{орг}$  здесь возрастает от 0—0,05 (среднее 0,04) до 0,11—0,34 (0,19)%. Карбонаты составляют в песках пристрежневой фации 0,1—0,5%  $CO_2$ , русловых отмелей и валов 0,05—0,12%. Величины pH изменяются от отложений пристрежневой фации к фации русловых отмелей в среднем от 8,1 до 7,2.

Вниз по течению реки в осадках русловой фации, как правило, наблюдается закономерное уменьшение величины медианного диаметра зерен и увеличение степени сортировки песчаных частиц. Для Днепра величина первого показателя песков на участке истоки реки — г. Могилев (протяженность около 500 км) падает от 1,7 до 0,5 мм, а от г. Могилева к устью реки (1500 км) — от 0,5 до 0,2 мм.

Вниз по течению рек обычно уменьшаются концентрации неустойчивых к речной эрозии минералов — полевых шпатов, амфиболов, пироксенов, апатита, хлорита и возрастают устойчивых — кварца, циркона, ругила, турмалина, ильменита, силлиманита, ставролита и андалузита. Например, для полевых шпатов это уменьшение составляет у Днепра на расстоянии 500 км до 2% (Лазаренко, 1964).

Изменение характера ассоциации минералов вниз по долине типично для речной дифференциации материала: возрастание коэффициентов кварцево-полевошпатового, Руэ, устойчивости и уменьшение коэффициентов влияния местных пород. Указанное особенно четко проявляется для фракции 0,25—0,1 мм, например, рек Днепра и Сожа (табл. 28). Осадки Припяти выделяются пониженными величинами коэффициентов влияния местных пород, источника питания и др.; проявляется отражение размыва неогеновых отложений на Речицком участке (коэффициент выветрелости 62, 83), а также формирования речных осадков в верховьях Белорусского Поднепровья преимущественно за счет эрозии моренных отложений (высокие значения коэффициентов влияния местных пород — 38,1 и минимальные кварцево-полевошпатового — 7,6).

В соответствии с изменениями величин зерен и минералогического состава вниз по течению рек в осадках русла возрастают концентрации кремнезема и уменьшаются — глинозема, окислов железа, щелочных и щелочно-земельных элементов. Так, на территории белорусской части долины Днепра при переходе от верхнего к нижнему течению концентрации  $SiO_2$  изменяются (в %) от 86,54 до 91,99;  $Al_2O_3$  от 4,81 до 2,85;  $Fe_2O_3$  от 1,49 до 1,05; CaO от 0,95 до 0,36; MgO от 0,25 до 0,10, микроэлементов (в  $n \cdot 10^{-3}\%$ ): соответственно Ti 138 и 66; Mn 36 и 9; Sr 1,2 и 0,8; V. 2 и 0,9; Zr 17 и 10; Ba 35 и 15.

По расчетам Б. С. Лунева (1967), в русловом аллювии Днепра от истоков к устью увеличиваются концентрации окислов циркония, титана, железа и сокращаются — кремнезема, глинозема, окислов кальция.

Таблица 28

Величины минералогических коэффициентов  
голоценовых речных песчаных осадков бассейна Днепра  
(по данным В. А. Кузнецова, С. Л. Шиманович)

Река, участок	Коэффициент						
	кварцево-полевые шпатовый	влияния местных пород	источника питания	Руэ	неозол-вия	устойчи-вости	выветре-лости
<i>Фракция 0,25—0,1 мм</i>							
Днепр:							
Оршанский	7,6	38,07	4,37	0,16	1,45	0,44	11,74
Могилевский	11,1	8,17	6,35	0,09	3,41	0,46	11,30
Жлобинский	18,4	1,79	11,52	0,14	1,27	1,16	31,67
Речицкий	19,3	9,80	3,44	0,24	2,28	0,44	62,83
Сож:							
Кривичский	9,6	10,10	5,86	0,17	2,13	0,47	30,46
Добрушский	41,4	1,20	7,13	0,40	0,46	3,00	24,61
Припять:							
Припятский	—	7,52	3,37	0,29	0,83	0,48	—
<i>Фракция 0,1—0,001 мм</i>							
Днепр:							
Могилевский	8,4	21,53	2,68	0,27	1,56	0,83	14,97
Жлобинский	7,9	26,90	7,16	0,20	2,42	0,50	34,39
Сож:							
Кривичский	5,9	18,52	4,82	0,26	—	0,20	—

Таким образом, пространственно-временные закономерности изменения минералогических ассоциаций и их коэффициентов позволяют точнее проследить аллювиальные горизонты вниз по долине, выявляя одновременно некоторые черты палеогеографического развития и условий аллювиального литогенеза, уточняя источники сноса материала и объясняя изменения в распределении макро- и микроэлементов.

Однако в закономерном изменении состава аллювия вниз по течению реки отмечаются отклонения, вызванные рядом причин. Во-первых, составом размываемых материнских пород. Выходы изверженного и метаморфического комплексов пород на участках равнинных рек, сложенных в основном осадочными образованиями, резко сказываются на распределении полевых шпатов, слюд, пироксенов, метаморфических минералов, ильменита, лейкоксена и т. д., что проявляется и в концентрациях Fe, Mn, K, Na, Ti, Zr, TR, Co, Ni и других химических элементов.

Во-вторых, впадением в центральную реку притоков, особенно крупных и характеризующихся отличными от нее источниками питания. Например, состав аллювия Днепра изменяется ниже впадения Березины — увеличение концентраций кварца, граната, тяжелых минералов, уменьшение магнетита, базальтовой роговой обманки и полевых шпатов; Сожа — обогащение магнетитом, пи-

ритом, гидроокислами железа и обеднение пироксеном и гранатом; Припяти — обогащение кварцем, ильменитом, цирконом, рутилом и эпидотом (Лазаренко, 1964). Правые притоки обогащают осадки Припяти Sr, Co, Mn, Zr, а левые — V, Ba, Cu (Кузнецов, 1973б).

В-третьих, изменениями, обусловленными тектоническими движениями земной коры. На участках поднимающихся тектонических структур в результате увеличения скорости течения и емкости водного потока происходит усиление размыва пород, сепарации тяжелых минералов и обогащения последними аллювия в 1,5—2 раза по сравнению с речными осадками отрицательных тектонических структур. Чем активнее поднятие, тем больше концентрации в тяжелой фракции аллювия — кремния, алюминия, кальция и щелочей, а в самой аллювии — титана, железа, хрома и циркония. Волновая природа распределения тяжелых минералов в речных долинах имеет широкое распространение, как было установлено Б. С. Луневым (1967).

В-четвертых, высокой степенью переважа аллювиальных отложений на отдельных участках речных долин, что сопровождается обогащением речных осадков устойчивыми минералами, а следовательно, и соединениями железа, титана, циркония, хрома, редких земель и т. д. Подобный эффект может проявляться в связи с размывом рекою древних кор выветривания с полным и хорошо развитым профилем.

В-пятых, наложением процессов рудогенеза, связанных с формированием механогенных, хемогенных, биогенных и гидрогенных месторождений аллювия, либо речным размывом этих месторождений. Например, Ф. Фитч (Fitch, 1958) использовал при реконструкции и корреляции фациальных обстановок речных долин контрасты между аномальными и фоновыми содержаниями меди. Он установил, что в осадках русловой и прибрежной фаций, в торфе и перекрывающем его аллювии, как правило, намного больше меди в легкоэкстрагируемой, чем в валовой, форме. Русловые фации аллювия по отношению к пойменным обычно выделяются относительно повышенными концентрациями тяжелых и устойчивых минералов, меньшими — аутигенных новообразований.

Указанные наложения на аллювиальную геохимическую дифференциацию должны учитываться при корреляции аллювиальных горизонтов.

### Проследивание пойменных фаций

Осуществляется по следующим литогеохимическим признакам: 1) наличию мелко- и тонкозернистых песков и алевроитов; 2) горизонтальной и волнистой слоистости; 3) прослоям глин, углей и обогащенности осадков рассеянным органическим веществом; 4) развитию растительного и раковинного детрита; 5) погребенным почвенным горизонтам; 6) ассоциациям гипергенных гидроокислов железа и марганца, сидерита, кальцита, вивианита, сульфидов, лейкоксена, аутигенного глинистого вещества; 7) продук-

там сиаллитно-глинистой, сиаллитно-карбонатной, сиаллитно-ферритной и биогенной геохимических фаций.

При прослеживании рассматриваемых фаций необходимо учитывать литологические особенности разрезов и отложений, связанные с обстановками прирусловых валов, приречной, центральной и тыловой поймы, заболоченных пойм.

М. Сайгуса (Saigusa, 1979) исследовал закономерности распределения глинистых минералов в пойменных почвах северо-восточных районов Японии. Показано, что в верхней части речных долин эти минералы не испытывают дифференциации; в среднем течении в центральных частях долины накапливаются хлориты, цеолиты, каолинит, имеющие крупные размеры; в тыловой части — мелкие монтмориллонит и галлуазит; в дельтовой области в авандельте концентрируются хлориты, а к открытому морю больше тяготеют скопления монтмориллонита.

В ряду пойменных условий в осадках от прирусловых валов до тыловой поймы отмечается закономерная дифференциация материала, выражающаяся в уменьшении у обломков величин  $Md$  и возрастании  $S_0$  (например, для Оки в среднем от  $Md$  0,16 мм и  $S_0$  1,20 для прирусловых валов до 0,11 мм и 1,46 для тыловой поймы; Лазаренко, 1964), увеличении содержания глинистого и уменьшении песчаного материала, росте концентраций V, Ba, Cr, Sr, Zr, Ti (в среднем для прирусловых валов и тыловой поймы Оки соответственно (в  $n \cdot 10^{-3}\%$ ) для Ti 140 и 400; Zr 20 и 33; V 3 и 5; Ba 20 и 70; Ga 1 и 2; Sr 20 и 30; там же), увеличении  $C_{орг}$  (в среднем от 0,11 до 0,22% для песков и от 0,34 до 1,03% для алевритов указанных фаций современного аллювия Днепра), в некотором уменьшении концентраций карбонатов, величин pH (в среднем от 7,55 до 6,66 для песков и от 7,49 до 5,85 для мелких алевритов современного Днепра; Лазаренко, 1964). Близкие данные обнаружены для бассейна Припяти, в частности в долине Птичи, при переходе от приречной к внутренней пойме отмечается возрастание концентраций (в  $n \cdot 10^{-3}\%$ ) соответственно: для Mn 1 и 31; Cu 1 и 2,5; Ba 25 и 65; V не обн. и 1,5 (Кузнецов, 1973б). Вниз по долине в пойменном аллювии отмечаются те же закономерности геохимической дифференциации, что и для руслового аллювия.

На закономерности распределения микроэлементов и другие геохимические особенности обстановок поймы, характеризующиеся развитием заболоченных почв, торфяников и озерных вторичных водоемов, оказывают существенное влияние миграция и аккумуляция элементов в связи с биогенными и физико-химическими процессами; механическая дифференциация материала проявляется здесь слабо. Однако в данном случае намечаются пути уточнения пойменных обстановок, которые необходимо учитывать при прослеживании пойменных горизонтов.

Так, обстановки центральных и краевых условий обводненных болот устанавливаются и прослеживаются по различиям величин коэффициента концентрации титана, меди, ванадия, свинца, цинка, молибдена, иттербия и бария (табл. 29).

Коэффициент концентрации\* (знаменатель) и среднее содержание (числитель) микроэлементов в осадках угленосной толщи карбона Донбасса (Никифорова, Болотникова, 1972),  $n \cdot 10^{-3}\%$

Фация, порода	Ti	Ni	Co	Cr	Cu	V	Zr	Pb
Торфяных обводненных болот, угли	12	15	1,0	14,0	11,0	53	1,0	13
	0,06	4,90	1,10	1,40	4,58	8,98	0,15	8,15
Краевых участков обводненных болот, углистые породы	75	12	0,8	10,0	2,0	20	0,6	0,4
	0,42	4,00	0,80	1,00	2,00	3,38	0,30	2,50

Фация, порода	Zn	Ga	Ge	Mo	Be	Yb	Sr	Ba
Торфяных обводненных болот, угли	13	0,2	0,7	3,7	0,4	0,03	4,0	6,0
	2,60	0,20	2,33	12,3	0,80	0,20	0,09	0,07
Краевых участков обводненных болот, углистые породы	9,0	1,0	0,1	5,0	0,2	0,2	6,0	13,0
	1,80	1,00	0,33	16,7	0,36	0,73	0,13	0,16

\* Коэффициент представляет собой величину отношения среднего содержания элемента к его кларку в углях.

Генетические типы углей, выделенные по степени разложения лигниноцеллюлозных тканей и соотношениям основных углеобразующих компонентов, могут указывать на фациальные условия в речном бассейне. По наблюдениям А. С. Стругова и В. Н. Мазилова (1975), в Байкальской рифтовой зоне неогеновые телинитовые угли (геленито-телинитовые, мелкодревесные, геленито-телинитовые, древесно-паренхимные) со слабой степенью разложения лигниноцеллюлозных тканей свидетельствуют о фации торфяных болот в аллювиально-озерной равнине при подвижной тектонической обстановке, а посттелинитовые угли (геленито-посттелинитовые мелкодревесные и геленито-посттелинитовые смешанные) — о фации торфяных болот аллювиально-прибрежнобассейновой обстановки с относительно подвижными тектоническими условиями.

Особое значение в корреляции пойменных фаций имеют выделения погребенных почвенных горизонтов.

В нижне-среднеэоценовых отложениях Восточного Казахстана горизонты погребенных почв гидрослюдисто-монтмориллонитового состава с аномально высокими значениями  $d_{001}$  для монтмориллонита и с гипсовыми конкрециями соответствуют аридным условиям и формировались в солончаковой саванне, а вышележащие почвы, обогащенные обеленными прослоями каолинитов с ориентированным гематитом, — гумидным условиям перемененно влажных саванн (Цеховский и др., 1974).

Сильнозасоленные погребенные почвы, содержащие повышенные количества солей натрия, развитые на карбонатных песчаных

аллювиальных отложениях и имеющие возраст менее 3500 лет, являются важным корреляционным горизонтом в пределах позднеплейстоценовых отложений древнего аллювиального конуса выноса в долине Панаминг, США (Peterson, 1980).

Т. Вакасуки и др. (Wakatsuki e. a., 1977) использовали следующие показатели распределения химических элементов в гранулометрических фракциях и химических экстрактах пойменных и террасовых почв рек Японии и Таиланда: степень сопроствления к выветриванию  $R_m = (SiO_2)_{5+6} : (Na_2O + K_2O + MgO + CaO)_{5+6}$ ; степень гидролиза  $H_m = (Al_2O_3)_{3+4} : (Al_2O_3)_{5+6}$ ; степень окисления  $O_m = (Fe_2O_3)_{1+2} : (Fe_2O_3)_{5+6}$ , где цифры отражают составы фракций: 1 — аморфных полуторных гидроокислов с органическим веществом, 2 — окристаллизованных полуторных гидроокислов, 3 — глинистую, 4 — пелитовую, 5 — тонко- и 6 — грубопесчаную.

Г. Вильямс (Williams, 1968) по концентрациям кремнезема, окислов железа, калия и других элементов в докембрийских гнейсах и конгломератах установил и проследил почвенные горизонты поим древних речных долин Шотландии.

Прослеживание пойменных фациальных комплексов возможно с учетом распространения и количественных взаимоотношений гипергенных образований. Многими исследователями отмечается зональность новоминералообразований, что может быть использовано для климато-палеогеографических реконструкций, но необходим учет и других данных, поскольку, например, солонцы отмечаются в пойменном аллювии различных зон (табл. 30).

Весьма интересны для геохимических корреляций в погребенных поймах наблюдения А. К. Оглезнева (1968) по составу новообразований. Для глубокооглеенных почв характерны слабообесцвеченные глинистые новообразования с  $SiO_2 : Al_2O_3$ , равным 4,5, и темно-серые железисто-марганцовистые орштейны с  $Fe : Mn$ , равным 0,8—2,3; для глееватой почвы — обесцвеченные глины с  $SiO_2 : Al_2O_3$  около 5,5 и бурые марганцовисто-железистые новообразования с  $Fe : Mn = 3,2—36,2$ . Величины последнего отношения в сернокислой вытяжке из орстандов указанных почв соответственно составляют 2,1—4,6 и 9,1—51,7.

В качестве корреляционного репера погребенных пойменных отложений могут выступать древние зоны поверхностного или аластового окисления. Первые характеризуются развитием желтого лимонита, пиролюзита, псиломелана в связи с понижением уровня речных и грунтовых вод в долине сингенетично аллювиальному седиментогенезу, обычно по окраске отложения связаны с вышележащими породами. Вторые характеризуются распространением желто- и красноцветных окислов железа, псевдоморфоз гетита и гидрогетита по железосодержащим минералам и органическому веществу, пиролюзита, а также доломита, кальцита, кизерита, галита и др. (последние 4 минерала характерны для аридных зон), обусловлены проникновением в глубинные проницаемые породы пластовых вод, обогащенных кислородом и вызывающих их эпигенетическое окисление (Шмариович и др., 1977).

Таблица 30

Ассоциации гипергенных образований в аллювии различных ландшафтно-климатических зон (Казанский, 1976)

Зона	Пойменный аллювий	Старичный аллювий	Дельты озер
Тундра и лесотундра	Гидроокислы железа и марганца (?), солонцы (?), карбонаты, кристаллы льда	Гидроокислы железа (?)	Гидроокислы железа (?), галит
Леса холодного и умеренного климата	Гидроокислы железа, марганца, карбонаты кальция, реже солонцы, сульфиды железа	Виванит, керчинит, карбонаты кальция, гидроокислы железа и марганца, сидерит, кремни, сульфиды железа	Виванит, керчинит, гидроокислы железа, карбонаты кальция, сидерит, лейкоксен, сульфиды железа
Степи и саванны	Солонцы и солончаки с гумусом, карбонатами кальция, натрия, гипсом, гидроокислы железа, марганца, сульфиды железа, кремни	Карбонаты кальция, гипс, сульфиды железа, реже окислы железа	Карбонаты кальция, магнезия, гидроокислы железа и марганца, сульфиды железа (?)
Пустыни и полупустыни	Солончаки с галитом, гипсом, карбонаты кальция и магнезия, кремни	Карбонаты кальция и магнезия, гипс, галит, мирабилит (?), тенардит (?), гипс	Галит, гипс, тенардит, мирабилит, эпсомит, карбонаты кальция и магнезия
Тропические и субтропические сухие леса	Гидроокислы железа, алюминия, карбонаты кальция, реже кремни и солонцы	Карбонаты кальция, гипс (?), гидроокислы железа и алюминия, сульфиды железа	Гидроокислы железа, карбонаты кальция, сульфиды железа
Тропические и субтропические влажные леса	Гидроокислы железа и алюминия	Гидроокислы железа и алюминия, виванит, керчинит (?), сидерит, сульфиды железа	Гидроокислы железа, сульфиды железа

## Прослеживание старичной фации

Отложения фации стариц для корреляции в речных долинах имеют особое значение, поскольку, во-первых, наличие их характерно для собственно-аллювиального и дельтового типа, другим типам аллювия они не свойственны; во-вторых, будучи сложенными глинистыми и органогенными осадками, они являются реперами для выделения пачек и свит аллювия; в-третьих, они, как правило, завершают в разрезе отдельные аллювиальные пачки; в-четвертых, органогенные и органогенно-глинистые осадки стариц наиболее четко фиксируют в своем составе техногенное влияние и в этом отношении являются основой для геохимической корреляции современных процессов в речных долинах, а также новейших осадков рек.

При прослеживании отложений стариц корреляционными являются следующие литологические и геохимические признаки: 1) преобладание алевритов, глин, илов и очень редко тонкозернистых песков; 2) незначительный выход тяжелой фракции минералов — обычно сотые доли процента; 3) господство легких минералов; 4) наличие органоилистых, органогенных образований, гипергенных карбонатов, сульфидов, фосфатов (кальцит, сидерит, марказит, вивинанит); 5) развитие продуктов биогенной геохимической фации. Весьма важно учитывать динамические фазы стариц на основе прослеживания прослоев песка, характеризующего старицы, а также характер изменений растительных ассоциаций и микрофауны, отражающий определенные этапы зарастания их водоемов, уменьшение степени их проточности и переход в болото.

По данным А. А. Лазаренко (1964), у небольших стариц, в крайних частях крупных стариц долины Среднего Днепра величины  $Md$  и  $S_0$  песков соответственно составляют 0,17 мм и 1,37; илов — 0,03 мм и 2,34, что зависит от мутности рек. Рассматриваемые осадки обычно обогащены минералами, характеризующимися небольшой плогностью и пластинчатой формой, — апатит, эпидот, силлиманит, слюды, амфиболы. Содержания микроэлементов составляют (в  $n \cdot 10^{-3}\%$ ): Ti 100—250; Zr 30—35; Ba 10—50; Sr 10—20; V до 3; Cr до 2; Ni и Co 1; Zn и Pb следы. Концентрации  $C_{орг}$  колеблются в пределах 0,03—0,32% у песков и 0,32—5,72% у алевритов; карбонатов от 0,5 до 2%  $CO_2$ . Величины рН составляют 7,0—6,8.

В погребенных старичных и озерно-аллювиальных отложениях позднекайнозойского возраста на Восточно-Европейской равнине отмечаются конкреции пирита и марказита, формировавшиеся при диагенез-эпигенетических преобразованиях осадков, содержащих органическое вещество. Размеры конкреций (в мм), их встречаемость зависят от возраста осадков  $(5-15) \times (3-5) \times (2-3)$  для нижнеплейстоценовых;  $(25-30) \times (10-15) \times (3-4)$  — миоценовых;  $(30-50) \times (15-20) \times (5-7)$  для верхнеолигоценых, что предлагается использовать в качестве возрастного литолого-геохимического коррелянта (Вознячук, Ковалев, 1979).

## Горизонт размыва и его значение для корреляции

Рассматриваемый горизонт, выделяемый часто как базальная фация, находится в основании аллювиальных толщ или их отдельных ритмов. Его корреляционное значение определяется тем, что он фиксирует начало отдельных стадий развития речных долин, связанных с переменами климатических и тектонических условий территорий, изменениями гидрорежима речных потоков, происходившими в целом бассейне или его отдельных участках; выступает часто в качестве маркирующего горизонта; содержит россыпи минералов и повышенные или аномальные концентрации ряда химических элементов. Этот горизонт прослеживается по резкому стратиграфическому несогласию, наличию галечного и щебневого материала, обычно петрографически и минералогически сходного с нижележащими размываемыми породами, по скоплению глинистых окатышей, преобладанию литогенной геохимической фации и наличию шлихов, связанных с плотиковым аллювием.

Горизонт размыва часто характеризуется повышенными концентрациями элементов. Например, фация размыва перигляциального аллювия Днепра (Кузнецов, 1973б) имеет повышенные концентрации Ti, Mn, Cr, Ni, V (табл. 31).

## Дополнительные материалы к разделению и прослеживанию горизонтов различных фаций

Поскольку фациальная принадлежность отложений часто является определяющей при корреляции горизонтов, а в ряде случаев, когда kern представлен однородными песчаными осадками, она затруднена, ниже приведены некоторые дополнительные данные, характеризующие литогеохимическую дифференциацию осадков в фациальном ряду аллювия.

Концентрация кварца, плагиоклазов, слюд, вивинита по отдельным фракциям четко отражает фациальные условия накопления осадков. Закономерны изменения уровней содержания породообразующих химических элементов в фациальном ряду отложений (табл. 32, 33; рис. 11).

По данным А. А. Лазаренко, концентрации микроэлементов увеличиваются от русла в глубь поймы, что он связывает с закономерным уменьшением величины диаметра обломков, увеличением

Таблица 31

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

Фация	Ti	Mn	Cr	Ni	V	Zr
Половодная	40	20,5	0,9	0,3	1,7	6,1
Русловая	30	35,0	0,9	0,7	0,7	4,7
Размыва	45	46,0	1,2	0,6	1,4	7,0

содержаний пелитовых частиц; сходные данные получены нами при изучении аллювия бассейна Днепра (табл. 34, 35; рис. 12).

При прослеживании отдельных фациальных комплексов отложений на основе распределения микроэлементов необходимо учитывать, что уровень их корреляционной зависимости распределения в фациальном ряду определяется характером размыва и литолого-петрографическими особенностями состава пород в бассейнах эрозии, степенью их глинистости и наличием органического вещества, диагенетическими новообразованиями железа, марганца, фосфора, кальция и магния. При корреляциях различных фациальных обстановок в долине можно опираться также на закономерности распределения  $S_{орг}$ , карбонатов и величин рН (рис. 13).

Б. М. Осовецкий (1968) отмечает следующие особенности распространения минералов в тяжелой фракции песчаного аллювия:

Таблица 32

Содержание минералов в отложениях Волги в зависимости от фациальных условий (Рясина, 1961), %

Минерал	Фракция, мм					
	0,25—0,1			0,1—0,005		
	Русловой песок	Пойменный песок и супесь	Старичный ил	Русловой песок	Пойменный песок и супесь	Старичный ил
Кварц	78,6	54,4	48,0	43,0	53,5	50,4
Ортоклаз	10,0	19,5	12,7	31,0	26,0	18,0
Плагиоклазы	2,2	2,5	8,1	2,2	4,2	8,8
Слюда	0,8	2,6	5,5	5,8	5,4	6,8
Кремень	1,6	5,5	1,8	5,2	2,6	1,2
Агрегаты	6,8	12,5	10,1	12,0	8,3	11,5
Вивинит	—	—	13,8	—	—	3,3

1) русловая фация — максимальные концентрации циркона, ильменита, рутила в верхней части разреза и эпидота, пироксенов, лимонита — в нижней; естественные шлихи в прирусловой отмели; 2) пойменная фация — резкое уменьшение крупных минералов, возрастание содержаний тяжелых минералов в мелкоалевритовой фракции, более широкое наличие чешуйчатых и пластинчатых минералов — слюд, хлорита, пироксенов; 3) старичная фация — типичны аутигенные лимонит, лейкоксен, пирит, марказит. При этом валовый выход тяжелой фракции уменьшается вниз по течению реки. Некоторые изменения в это правило вносят неотектонические структуры и отдельные терригенно-минералогические участки. Тяжелую фракцию Б. М. Осовецкий рассматривает как критерий для расчленения немых толщ.

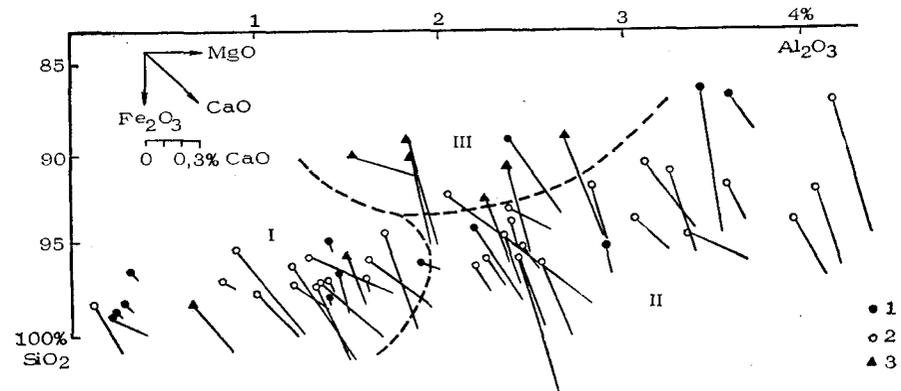


Рис. 11. Химический состав песков современного аллювия бассейна р. Припять (Кузнецов, 1973б). Поля песков: I — руслового, II — пойменного, III — старичного; пробы аллювия: 1 — руслового, 2 — пойменного, 3 — старичного

Средний состав и величины отношений химических элементов

Бассейн реки	Фация	SiO <sub>2</sub>	F <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O
Западная Двина	Русловая	90,23	0,85	4,33	1,00	0,47	0,02	0,67
	Пойменная	85,56	1,59	5,20	1,43	0,75	Сл.	0,79
Неман	Русловая	91,02	1,44	3,02	0,63	0,41	0,04	0,63
	Пойменная	87,17	2,12	3,51	0,60	0,31	0,03	0,60
	Старичная	71,76	2,83	6,69	0,78	0,49	Сл.	0,62
Днепр	Русловая	92,58	0,95	2,86	0,48	0,17	0,13	0,52
	Пойменная	87,23	2,05	4,49	0,68	0,29	0,23	0,63
	Старичная	88,25	1,55	3,50	0,32	0,12	0,24	0,50
Припять	Русловая	93,93	0,71	1,86	0,31	0,27	—	0,22
	Пойменная	87,98	1,32	3,36	0,55	0,59	0,12	0,39
	Старичная	84,16	2,20	3,22	0,66	1,20	0,51	0,39

в голоценовых речных отложениях Белоруссии, %

K <sub>2</sub> O	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	CaO+K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
1,27	20,83	0,04	0,52	2,12	0,67
1,53	16,45	0,06	0,51	1,90	0,52
1,14	30,13	0,03	0,55	1,53	0,79
1,41	24,83	0,04	0,42	1,93	0,72
1,76	10,72	0,09	0,35	1,59	0,47
1,24	32,33	0,03	0,41	2,82	0,74
1,53	19,42	0,05	0,41	2,34	0,63
1,26	25,21	0,04	0,39	2,66	0,59
0,56	50,50	0,01	0,39	1,14	0,58
0,92	26,15	0,03	0,41	0,93	0,55
1,00	26,13	0,03	0,39	0,55	0,62

Распределение микроэлементов

Фация	Осадки	$Md$ , мм	$S_o$	Ti
Русловая отмель	Пески мелкозернистые	0,23	1,17	70
Заиленная русловая отмель	Алевриты	0,06	1,95	200
Прирусловый гал	Пески мелкозернистые	0,16	1,18	140
	Алевриты	0,07	3,20	300
Приречная пойма	»	0,02	2,95	500
Внутренняя пойма	Алеврито-пелиты	0,01	2,64	400
Старичная	»	0,01	3,25	420
Болотная	»	0,01	3,12	350

Нами установлено, что для нормального типа аллювия в ряду русловая—пойменная—старичная фации характерно закономерное уменьшение величин  $Md$  частиц и изменение ассоциаций минералов, в связи с чем имеет место уменьшение концентраций кремнезема и увеличение глинозема, щелочных и микроэлементов, перемены величин геохимических коэффициентов, возрастание содержания аморфных форм кремнезема, окислов железа и алюминия, а в составе водных вытяжек осадков — увеличение концентраций Ca, Mg, K, Na. Предложена диаграмма химического состава песчаных отложений, позволяющая выделять отложения различных фаций (Кузнецов, 1973б).

Ю. В. Валиев (1977) при изучении юрских аллювиальных отложений Гиссарского хребта показал, что концентрации бора в осадках русловой и пойменной фаций резко различаются, составляя в среднем соответственно 0,004 и 0,011%. Показателями фаций древних речных долин могут выступать также концентрации бора в глинистой фракции и отдельные его формы. Исследователь отмечает, что наиболее высокими индикационными свойствами обладает растворимый бор; бор силикатов указывает на области питания. При использовании бора как индикатора необходимо учитывать содержание  $S_{орг}$ , что недооценивается рядом исследователей (рис. 14).

Б. В. Виноградов (1964) использовал для корреляции в речных долинах, например, Узбоя ряд фитогеологических признаков; им выделены следующие растения—показатели аллювиальных фаций: прирусловой *Bromus inermis*, старичной *Carex aquaticus*, *Glyceria aquatica* и др.; растения — показатели солевого и водного режима поймы и их почв: гидрогалитовая и эвгалитовая растительность — солончаки, эвксерофитовая растительность — сероземные почвы; растения—показатели былой аллювиальной деятельности: *Artemisia herba alba* — древних пойм, *Salsola arbuscula* — древних стариц.

### Прослеживание аллювиальных свит и формаций

При корреляции и сопоставлениях аллювия различных бассейнов и территорий чаще используются материалы исследования аллювиальных ритмов, свит и формаций в целом. Такая корреля-

в современном аллювии Оки (Лазаренко, 1964),  $n \cdot 10^{-3}\%$ 

	Zr	V	Cr	Ni	Cu	Ba	Sr	Ga	Zn	Pb
7	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	Сл.	10	10	1	—	Сл.
20	3	3	1	1	1	10	10	1	2	»
34	1	1	Сл.	1	1	20	20	1	—	»
25	3	3	1	1	1	50	30	1	1	1
33	5	4	1	1	1	60	30	2	1	Сл.
20	6	4	1	1	1	70	30	2	2	1
30	4	3	1	1	1	80	30	1	1	Сл.
30	6	3	1	1	1	60	—	1	—	—

Таблица 35

Распределение микроэлементов в песчаных отложениях рек Белорусского Полесья,  $n \cdot 10^{-3}\%$ 

Фация	Mn	Cr	Ni	Co	V	Cu	Zn	Ba	Ti
<i>р. Птичь, д. Балашевичи</i>									
Стрежневая	1	1	—	—	—	1	—	25	30
Приречная пойма	1	1	1	—	1,5	1	3	35	80
Внутренняя пойма	31	1,5	1	—	1,5	2,5	3	65	160
<i>р. Припять, д. Стрельск</i>									
Стрежневая	1	—	1	—	—	1	—	20	80
Прирусловый вал	4	—	1	1	2	1	—	30	90
Внутренняя пойма	4,5	5	1	1	2	1	—	30	105
<i>р. Ствига, д. Рычев</i>									
Стрежневая	1	1	—	—	—	1,5	—	15	50
Приречная пойма	1	2	1	—	1	1	—	15	70
Старичная	1	5	1	1	5,5	1	10	40	125

ция применяется при региональных геологических съемках и поисках, уточнении перспектив рудоносности аллювия.

**Прослеживание аллювиальных ритмов.** При расчленении континентальных отложений и прослеживании их толщ используется ритмичность отложений, отражающая динамику потоков и смену речных условий седиментации озерными. Особое значение имеет прослеживание поверхности размыва в основании ритмов, выполненных галечниками и гравием, комплекса литолого-генетических признаков горизонтов: песчаные косослоистые, грубо- и среднезернистые осадки русловой и пойменной фаций, лессовидные отложения с карбонатными включениями и осветлениями с волнистой слоистостью такыровидных озер, серые глинистые отложения озерных водоемов и их геохимические особенности. В последнем случае учитываются закономерности состава аллювия по фациям, минералогические ассоциации и литологические особенности пород, геологическое и минерало-петрографическое строение бортов долины, транзитность аллювия, распределение тяжелых минералов в

русловой и пойменной фациях, величины коэффициентов фациальности, литолого-петрографический состав горизонта размыва.

Выделение отдельных ритмов по литологическим признакам использовано П. А. Игнатовым для расчленения и прослеживания отдельных горизонтов верхнедевонских аллювиальных отложений Сибири (рис. 15). Автор использовал сходные приемы расчленения

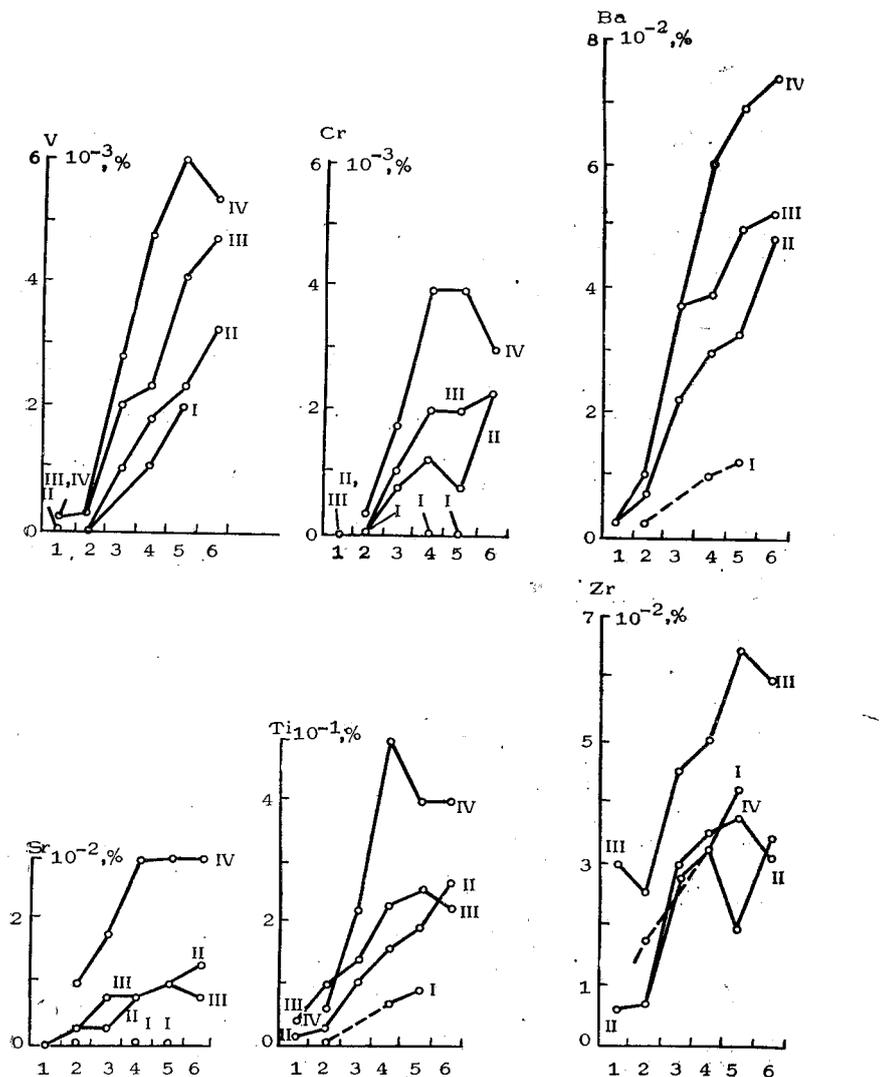


Рис. 12. Содержание микроэлементов в аллювии (Лазаренко, 1964). Реки: I — Припять, II — Днепр, III — Десна, IV — Ока; фации: 1 — пристрежневая, 2 — русловых отmelей, 3 — прирусловых валов, 4 — приречной поймы, 5 — внутренней поймы, 6 — болотной и старичной

и корреляции аллювия кайнозоя в долине Днепра (Кузнецов, 1973б).

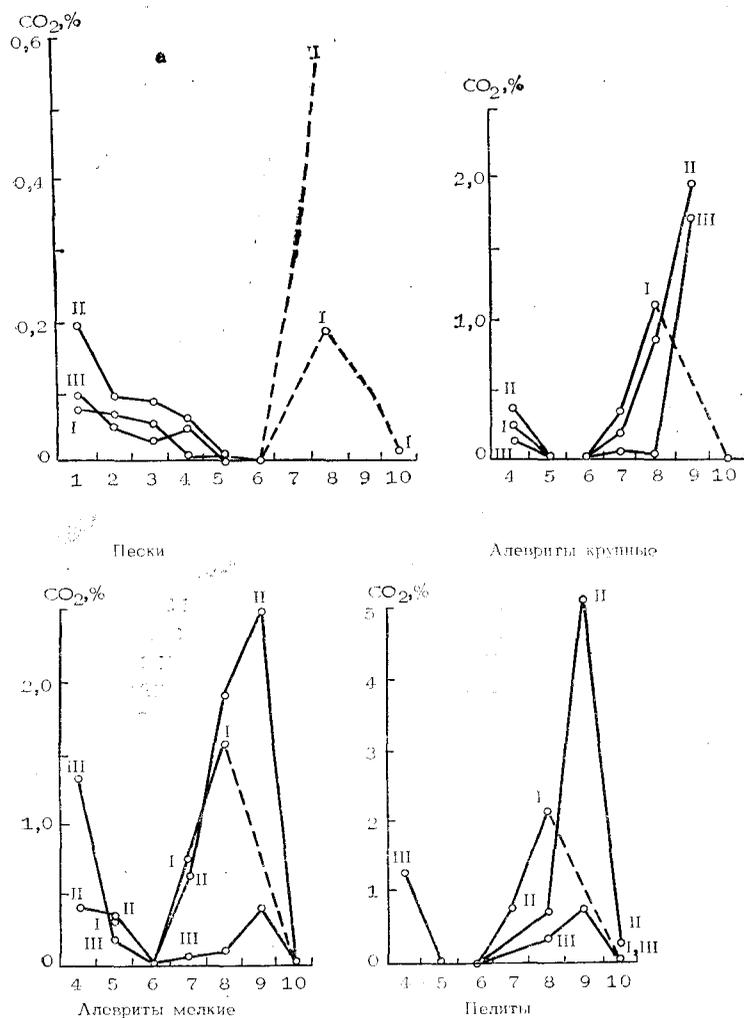
Развитие методов и приемов геохимической корреляции погребенных аллювиальных свит представляет особый интерес, так как на их основе решаются задачи, связанные с реконструкцией палеорельефа, гидродинамики потоков, направлений речного сноса, геохимической дифференциации, а также осуществляются поиски коренных месторождений полезных ископаемых по аллювию или генетически связанных с ним россыпей. Во многих отношениях полигоном такого изучения стал бассейн Палео- и Пра-Немана.

Аллювиальные отложения древнего Немана формировались в условиях, характеризующихся рядом палеогеографических и палеогеохимических особенностей: 1) распространение широких речных долин с речным и аллювиально-озерным типом осадконакопления в неогене; 2) приуроченность к переуглубленным ложбинам ледникового выпаживания и размыва с гляциоаллювиальным, аллювиальным (нормальным и перигляциальным) типами осадков в антропогене; 3) различия в климатических условиях неогена и антропогена; 4) изменения питающих провинций на рубеже указанных периодов; 5) геохимическая специфика миграции и аккумуляции элементов и процессов литогенеза в неогене и антропогене. Аллювиальный комплекс представлен здесь озерно-аллювиальными и аллювиальными (русловая, подпрудная и старичная фации) алеврито-глинистыми породами, залегающими на отложениях мела и палеогена. В толще плиоцена Г. И. Горецким выделяется белицкая серия, подразделяющаяся на три горизонта: нижне- (лозы, lz), средне- (детомля, dt) и верхнебелицкий (асоки, as). Выше залегает вселюбская серия, подразделяемая на два горизонта: вселюбский (vs) и сморгонский (sm).

С. Л. Шиманович и др. (1980) прослежены концентрации Ni, Mn, Co, Cr, V, Ti, Zr, Cu в породах указанных горизонтов на примере скв. 136 и 142, пройденных близ д. Слочва Гродненской области. В первой скважине представлены средне- и верхнебелицкий горизонты. Отложения детомля сложены переслаивающимися песками, песчаными алевритами и глинами серого цвета. Литологическая ритмичность, отражающая изменения условий седиментации, сказывается в распределении микроэлементов. Для горизонта в интервале 133,4—154,4 м характерны концентрации (в п. 10<sup>-3</sup>%): Ti—249; Zr—28,4; Mn—20,6; V—8,7; Cr—5,0; Ni—2,1; Cu—0,9; Co—0,4. Распределение микроэлементов и содержания пелитовой фракции на глубине 144 м четко фиксируют две пачки: нижнюю, соответствующую началу формирования плиоценового аллювия и сложенную материалом с повышенным содержанием микроэлементов, особенно Ti, V, Cr, Ni; верхнюю, представленную песчаными осадками с невысоким содержанием глинистых частиц и обедненную микроэлементами, кроме Zr. Повышенное содержание циркония может косвенно указывать на некоторое похолодание климата (Боброва и др., 1977).

Верхнебелицкие отложения также представлены переслаивани-

ем песков, алевритов и глин, но имеющих зеленовато-серую окраску, часто ожелезненных и карбонатных. В них (глубины 124—133,4 м) содержание микроэлементов по сравнению со среднебеллицкими увеличено и распределяется следующим образом (в  $\mu \cdot 10^{-3}\%$ ): Ti—428; Mn—24; Zr—20; V—11,4; Cr—8,3; Ni—2,7; Cu—1,3; Co—0,7. Значительное повышение содержания резистатов (титана и циркония) может свидетельствовать кроме некоторого изменения состава осадков также о похолодании, что согласуется с наблюдениями по карпологиическим остаткам.



На основании распределения микроэлементов в плиоценовых отложениях рассматриваемой скважины выделено четыре палеогеохимических ритма, а с учетом более мелких изменений — до восьми ритмов. Такая геохимическая ритмичность подтверждается также величинами геохимических коэффициентов, отношениями концентраций микроэлементов, что позволило разделять средне- и верхнебеллицкие отложения.

В скв. 142 вскрывается подобное переслаивание песков и алевритов, подразделяемых также на указанные горизонты. По рас-

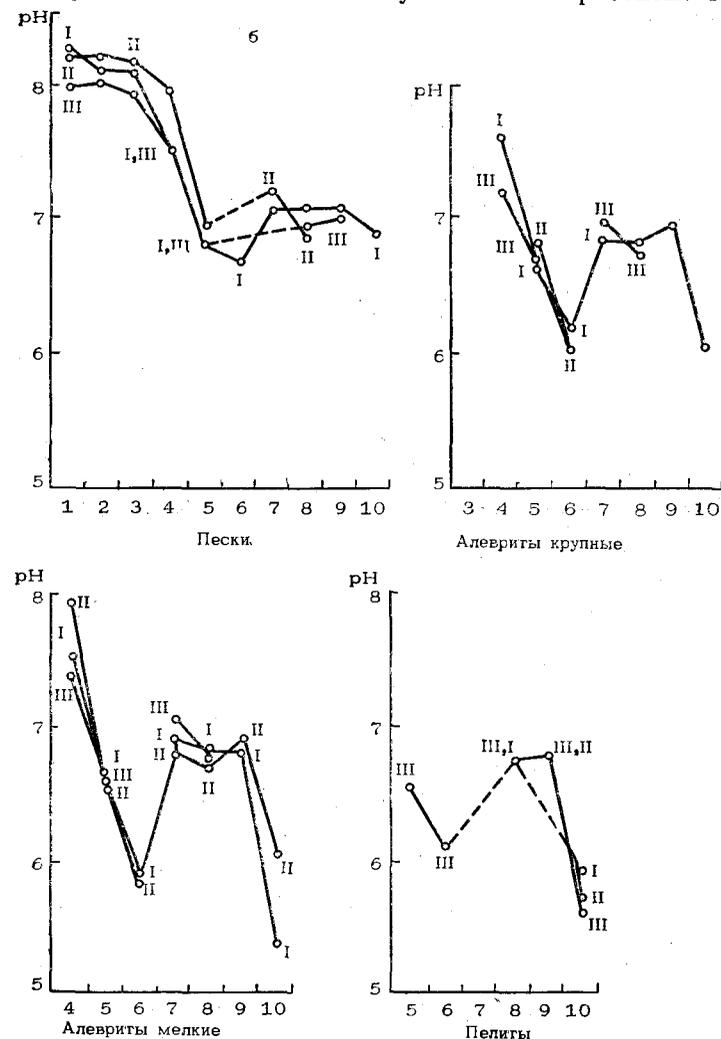


Рис. 13. Содержание карбонатов (а) и средние значения pH (б) в фаціальном Днепр, II — Десна, III — Ока; фації: 1 — перекааты, 2 — плессы, 3 — руслопоймы, 7 — вторичные водоемы поймы, 8 — небольшие старицы и краевые чаболотные почвы

профиле современных аллювиальных осадков (Лазаренко, 1964). Реки: I — вых отмелей, 4 — прирусловых валов, 5 — приречной поймы, 6 — внутренней сти крупных стариц, 9 — центральные части крупных стариц, 10 — пойменные и торфяники

пределению и концентрациям микроэлементов внутри горизонтов выделяются ритмы, совпадающие с изменениями гранулометрического и петрографического состава пород. Плиоценовый аллювиальный комплекс выделяется зональностью ритмичности. В первой зоне (глубина 146,9—149,5 м), сложенной серым алевритом, отмечается невысокое содержание микроэлементов; во второй (134,3—146,9 м), завершающей первую половину среднего плиоцена и представленной алевритом темно-серого цвета, обнаружены мак-

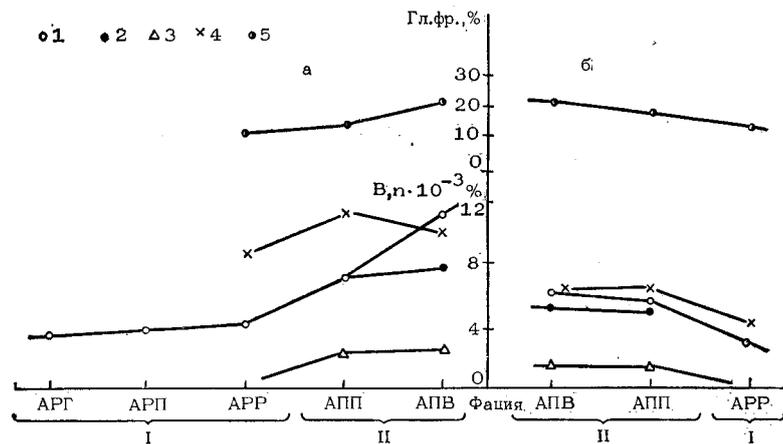


Рис. 14. Распределение бора в аллювиальных отложениях южного склона (а) и юго-западных отрогов (б) Гиссарского хребта (Валиев, 1977). Формы содержания бора: I — валовая, 2 — силикатная, 3 — растворенная, 4 — глинистой фракции, 5 — во фракции <math><0,01\text{ м}</math>; отложения: I — русловые, II — пойменные. Фацции: АПВ — глинисто-алевролитовых осадков застойных водоемов, зарастающих стариц и вторичных водоемов поймы, АПП — алевропесчаных осадков прирусловой части поймы и ее паводковых вод, АРР — песчано-гравийных осадков русла равнинных рек, АРП — галечно-гравийных осадков русла горно-равнинных рек, АРГ — галечных осадков русла горных рек

симальные количества Cr, V, Ti, Co, Ni и Cu; в третьей (131,3—134,3 м), сложенной песками серого цвета, — минимальные количества микроэлементов, кроме Mn и Zr; в четвертой (129,3—131,3 м), где переслаиваются пески и алевриты, несколько повышается содержание Mn, Zr, Ba; в пятой (125,0—129,3 м), нижняя часть которой сложена песком, а верхняя алевритом, выявлено повышенное содержание всех микроэлементов; в шестой (119,6—125,0 м), сложенной в основном алевритом, наблюдается дальнейшее повышение концентраций микроэлементов; в седьмой (110,5—119,6 м), также представленной алевритом, но более пестроокрашенным, несколько снижаются содержания Cr, V, Mn, Co, Ni. Каждый горизонт по содержанию микроэлементов обнаруживает двучленное строение.

Для среднебелкичных отложений глубин 129,0—149,5 м характерны следующие средние концентрации (в  $n \cdot 10^{-3}\%$ ): Ti—342; Zr—29,4; Mn—11,0; V—10,0; Cr—6,3; Ni—2,9; Cu—1,2; Co—0,6;

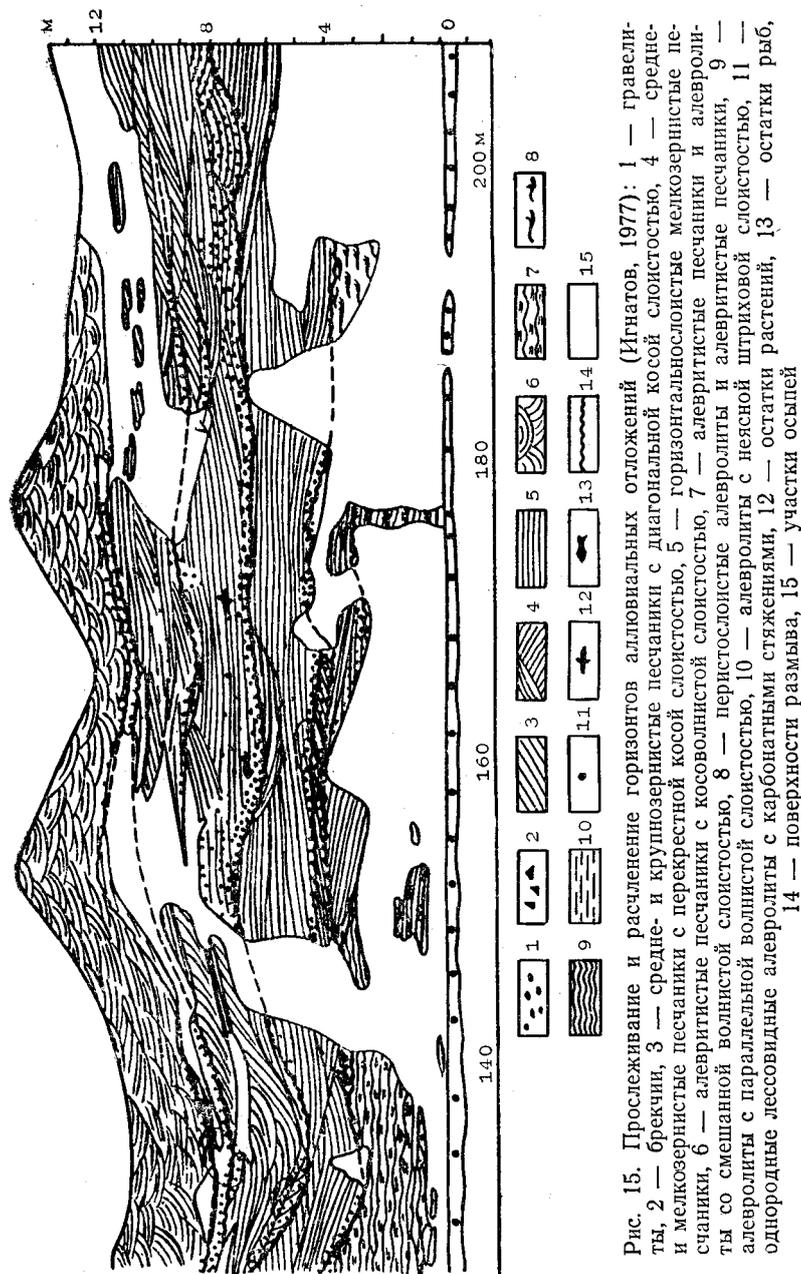


Рис. 15. Прослеживание и расчленение горизонтов аллювиальных отложений (Игнатов, 1977): 1 — гравелиты, 2 — брекчи, 3 — средне- и крупнозернистые песчанки с диагональной косой слоистостью, 4 — средне- и мелкозернистые песчанки с поперечной косой слоистостью, 5 — горизонтальнослоистые мелкозернистые песчанки, 6 — алевритистые песчанки с косоволнистой слоистостью, 7 — алевритистые песчанки и алевролиты со смешанной волнистой слоистостью, 8 — перистослоистые алевролиты и алевритистые песчанки, 9 — алевролиты с параллельной волнистой слоистостью, 10 — алевролиты с неясной штриховой слоистостью, 11 — однородные лессовидные алевролиты с карбонатными стяжениями, 12 — остатки растений, 13 — остатки рыб, 14 — поверхности размыва, 15 — участки осыпей

для верхнебелицких с глубины 119,6—129,3 м: Ti—330; Zr—22,5; Mn—14,5; V—14,5; Cr—9,6; Ni—3,5; Cu—1,3; Co—0,9, т. е. у последних несколько повышены содержания Cr, V, Mn.

Вселюбская серия, перекрывающая белицкую и залегающая на глубине 110,5—119,6 м, характеризуется относительно равномерным распределением микроэлементов с незначительным повышением их содержания вверх по разрезу (в  $n \cdot 10^{-3}\%$ ): Ti—390; Zr—31; Mn—14,5; V—11; Cr—7,5; Ni—2,6; Cu—1,1; Co—0,7. В этих отложениях заметно увеличивается количество титана.

В качестве переходного горизонта от неогеновых к антропогеновым отложениям могут служить осадки, вскрытые скв. 032 близ д. Нарочь Гродненской области и залегающие на глубине 69,8—80,2 м. Здесь концентрации микроэлементов резко повышены по сравнению с перекрывающими их антропогеновыми породами. Это связано с изменением литологического состава пород: они более тонкие с высоким содержанием пелитовой фракции, имеют больше рассеянного органического вещества. В отложениях сморгонского горизонта, вскрытого скв. 123 у д. Ганюши, по данным спектрального и петрографического анализов выделяются четыре зоны: первая (глубина 124—126 м), сложенная неизменными алевритами и характеризующаяся высокими, особенно в подошве, содержаниями Cr, V, Ti, Mn, Cu; вторая (120—124 м), представленная слабо ожелезненными алевритами и с более низкими концентрациями этих элементов; третья (116—120 м), состоящая из ожелезненного и карбонатизированного алеврита и занимающая по содержанию микроэлементов промежуточное положение между указанными; четвертая (113—116 м), сложенная сильно ожелезненной породой и выделяющаяся повышенными содержаниями Co и Ni. Здесь в разрезе скважины прослеживается поступательное и ритмичное уменьшение концентраций микроэлементов от подошвы к кровле, свидетельствующее о направленной палеогеохимической ритмичности и постепенном похолодании климата.

Антропогеновые и неогеновые отложения изученного района различаются по средним концентрациям ряда микроэлементов (табл. 36). Эти различия колеблются от полутора- (V) до четырех-

кратных (Ni). Концентрации Zr, Co, Cu близки, однако выше у неогеновых.

Таким образом, по данным изучения распределения микроэлементов можно выделить следующие геохимические особенности состава аллювиальных отложений. Максимальные средние содержания микроэлементов в основном связаны с неогеновыми отложениями. Повышенные концентрации Cr, V, Ni и Cu совпадают с горизонтами относительно теплых климатических условий. Установлена геохимическая ритмичность у плиоценовых отложений (до 8 ритмов). Вместе с ритмичностью для предледниковых (брестских, вильнюсских) отложений она свидетельствует о ритмичном и направленном палеогеографическом изменении условий (в том числе климатических) литогенеза в период плиоцен—ранний плейстоцен, связанном с переходом к покровным оледенениям. Признаки такого перехода уже проявляются в плиоцене.

Границу между вселюбскими и верхнебелицкими отложениями следует проводить на глубине 119,6 м скв. 142, т. е. в той части разреза, где плотный серый алеврит переходит в трещиноватый зеленовато-серого цвета. Граница между средне- и верхнебелицкими горизонтами должна быть проведена в интервале 129,3 м скв. 142 и 133,4 м скв. 136. Судя по концентрациям микроэлементов, климат во время формирования среднебелицких отложений был холоднее, чем в нижнебелицкое время. Отложения среднего плиоцена можно подразделить на две пачки. Геохимическими индикаторами при выделении верхнебелицких отложений могут служить величины концентраций Cr, V, Mn, а вселюбских — Ti.

Изложенные материалы показывают дополнительные возможности использования геохимической ритмичности для понимания процессов аллювиального литогенеза в неогене, тенденций геологических и палеогеографических изменений на протяжении плиоцена — нижнего плейстоцена; выявления возрастных (между плиоценом — нижним плейстоценом, внутриплиоценовые) реперов для выделения отдельных горизонтов по геохимическим показателям. Оба вывода важны для решения научных и прикладных вопросов, связанных с проблемой неоген-четвертичной границы (Шиманович и др., 1980).

**Проследивание аллювиальных свит.** Аллювиальные свиты, объединяющие несколько пачек-ритмов, выделяются и коррелируются по положению в стратиграфическом разрезе специфичным базальным горизонтом, приуроченностью к отдельным типам рельефа речной долины и т. д.

Для их корреляции используются различные методы и подходы — динамический, литологический, палеогеографический, фациальный. В последние годы, исходя из палеопотамологического подхода, Г. И. Горецким (1977) предложены структурно-эрозионные коэффициенты \*) напряженности русловых процессов, старичности,

\*) Структурно-эрозионные коэффициенты — величины отношений мощностей фации русла, старицы, размыва или поймы к суммарной мощности русловой фации.

Таблица 36

Средние концентрации микроэлементов в неогеновых и антропогеновых отложениях Новогрудского района,  $n \cdot 10^{-3}\%$

Элемент	Отложения		Элемент	Отложения	
	неогеновые (37 проб)	антропогеновые (44 пробы)		неогеновые (37 проб)	антропогеновые (44 пробы)
Ti	355	132	Cr	7,3	2,6
Zr	27	24	Ni	4,6	1,0
Mn	17,5	25	Cu	1,2	1,0
V	11	4,8	Co	0,7	0,6

Величины минералогических коэффициентов среднечетвертичных аллювиальных песчаных отложений долины Днепра (фракция 0,25—0,1 мм)

Участок	Коэффициент						
	кварцево-полево-шпатовый	влияния местных пород	источника питания	Руэ	неоэлювия	устойчивости	выветрелости
<i>Шкловские отложения</i>							
Оршанский Речицкий	8,26	14,77	6,43	0,08	9,26	0,23	0,92
	27,70	19,15	3,04	0,30	0,72	1,29	10,68
<i>Александрийские отложения</i>							
Оршанский Могилевский	18,60	30,20	49,00	0,03	2,92	0,22	5,49
	12,90	19,31	6,40	0,20	2,40	0,42	7,34

энергии размыва, поемности. По величинам этих коэффициентов выделяется и прослеживается аллювий верховий, среднего течения и низовий долины, уточняется положение каждого эрозионного цикла, прослеживаются и коррелируются свиты с учетом общности их эрозионных линий.

Н. П. Ахметьева (1973), исследуя историю р. Амура, установила, что эта река, начиная с плейстоцена, существенно не меняла своего направления. Несмотря на сохранение одних и тех же питающих провинций, по минералогическому составу выделяются и прослеживаются пять пачек, соответствующих различному времени формирования аллювия: 1-я верхнеплейстоценовая — тяжелая фракция составляет 3—10% и представлена рудными минералами, цирконом, гранатом, эпидотом, роговой обманкой; 2-я верхнеплейстоценовая — количество роговой обманки увеличивается, циркона — сокращается по сравнению с первой пачкой; раннеплейстоценовая — тяжелая фракция 2—3% и содержит рудных минералов 20—40%, роговой обманки 20—38, эпидота 12—30, циркона 11—20%; среднеплейстоценовая — тяжелая фракция до 21%, много роговой обманки, появляется пироксен — 1—3%; позднеплейстоценовая — тяжелая фракция 5—8%, представлена пироксеном — 5—12%, а также роговой обманкой, эпидотом, цирконом. Указанные пачки отличаются друг от друга также соотношениями глинистых минералов.

Б. С. Осовецкий (1974) детально исследовал корреляционные взаимосвязи между минералогическим составом и гранулометрической характеристикой аллювиальных отложений. На основе этих взаимосвязей предложены способы разделения разновозрастных толщ аллювия и уточнения направлений речного сноса материала.

Показано, что вниз по долине Днепра в александрийском и шкловском аллювии среднего антропогена отмечается возрастание коэффициентов Руэ, устойчивости, выветрелости, кварцево-полево-шпатового (в шкловском аллювии) и уменьшение коэффициентов источника питания и неоэлювия. Характерно более высокое значение величин влияния местных пород и источника питания в александрийском аллювии по отношению к шкловскому (табл. 37). Это обусловлено формированием александрийского аллювия за счет белорусской и березинской морен, более насыщенного обломочным материалом местных и приносных дочетвертичных пород. Четкая дифференциация материала вниз по долине характеризует значительную гидродинамическую силу палеопотоков.

При прослеживании аллювиальных свит широко используются данные гранулометрического состава песков (рис. 16).

В геохимическом отношении, видимо, перспективно развитие исследований по корреляции аллювиальных свит на базе структурно-эрозионных представлений о потамологическом развитии речной долины, показанных выше, т. е. необходимо изучение закономерностей распределения химических элементов по группам Ti, Zr, Cu, Mo, Co, Ni, Mn, Cr, отнесенных к отношениям их содержаний в фациях русла, старицы или поймы к содержаниям в суммарной

русловой фации. В отдельных случаях при этом следует учитывать местные особенности формирования аллювия за счет размыва резко отличных по литологии и петрографии пород, наличие подпруживания рек, мест прорывов, порогов и т. п.

В ряде районов Белоруссии стратиграфическое разделение и прослеживание отдельных горизонтов песчаных толщ затруднительны. В этом случае определенные коррелятивы могут быть внесены на основании изучения литогеохимических особенностей аллювиальных отложений. На примере детального изучения аллювия бассейна Днепра показано, что: 1) наиболее крупные пески связаны с нижнеантропогеновым ( $Md=0,34$  мм) и среднеантропогеновым, шкловским аллювием (0,45 мм); аллювий II и I надпойменных

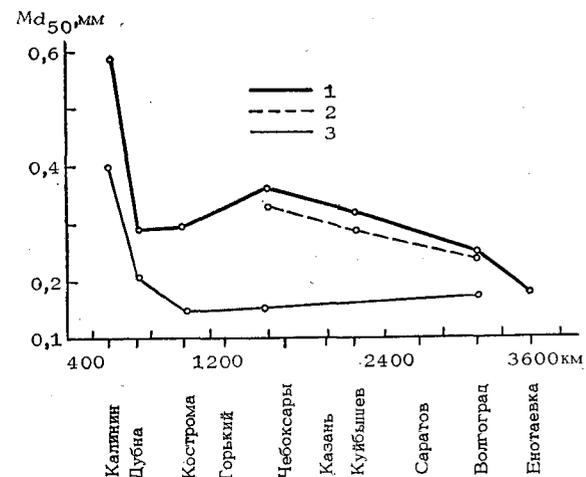


Рис. 16. Изменение медианного диаметра зерен русловых песков вниз по долине на примере долины Волги (Афремов, 1976): 1 — голоценовый аллювий умеренного пояса, 2 — среднеплейстоценовый аллювий умеренного пояса, 3 — верхнеплейстоценовый аллювий перигляциальной области

террас имеет соответственно  $Md = 0,14$  и  $0,22$  мм; 2) отмечены минералогические ассоциации: для ниже-среднеантропогенного аллювия циркон-лейкоксен-ильменит-гранат-амфиболовая, для верхнеантропогенного эпидот-лейкоксен-ильменит-гранат-амфиболовая; 3) в русловых песках концентрации кремнезема уменьшаются, а окислов железа возрастают от брестских к александрийским и затем к голоценовым отложениям, максимальные содержания глинозема связаны со шкловским, а щелочей — с александрийским аллювием; 4) максимальные концентрации Mn приурочены к среднеантропогенному аллювию; голоценовые пески выделяются пониженной встречаемостью Cr и Ni; максимальные величины коэффициентов вариации у Ti, Cr, Ni и Zr для нижеантропогенных речных осадков, у Mn — для современных, минимальные V и Zr — для среднеантропогенного аллювия; 5) максимальные значения величин коэффициентов  $Mn : V$ ,  $Mn : Ni$  у среднеантропогенных и  $Ti : V$  у голоценовых речных осадков.

В качестве стратиграфических и палеогеографических коррелянтов использованы величины минералогических коэффициентов, при этом показателем венедского аллювия является максимальное значение коэффициента местных коренных пород, голоценового — максимальные величины коэффициента источника питания; используются также различия в рентгенодифрактометрической и термической характеристиках глинистых минералов из аллювиальных отложений голоценового и плейстоценового возрастов (Кузнецов, 1973б).

Для прослеживания аллювиальных свит немалый интерес представляет опыт сопоставления данных палинологического и спектрального анализов аллювиальных отложений. Автором совместно с С. Л. Шиманович и Я. К. Еловичевой комплексно исследовались вскрытые скважиной близ г. Одинцово Московской области отложения рославльского межледниковья, представленные двумя климатическими оптимумами, разделенными похолоданием.

Суммарные содержания микроэлементов в отложениях обоих оптимумов аналогичны, что указывает на сходные палеоклиматические условия их формирования. В близких по литологии осадках средней части промежуточного похолодания (фаза ели, сосны и березы из слоя гиттии) наблюдается относительное накопление микроэлементов; этому интервалу свойственны переотложения дочетвертичных и четвертичных микрофоссилий. Показательно, что в осадках, соответствующих началу промежуточного похолодания (фаза сосны и березы из слоя торфа) после нижнего оптимума, отмечается уменьшение концентраций микроэлементов, что повторяется в их аналогичном перераспределении и после верхнего оптимума. Направленность изменений климатических колебаний, устанавливаемых по палинологическим данным — соотношения пыльцы *Quercetum mixtum* (*Pinus*, *Betula*, *Picea*) : (*Pinus*, *Picea*, *Q. m.* + *Carpinus*) и геохимическим — изменение концентрации Cr, Ni, Co, V, Cu, Ti, Zr и величин коэффициентов  $(Ti+Zr) : (Cu+V)$ ;  $(Ti+Zr) : (Ni+Cr+Co)$ ;  $(Ti+Zr) : Mn$ ;  $Cr : Ni$ , характер смешения

литогеохимических ритмов по отношению к палинологическим свидетельствуют о единстве палеоклиматических перемен, устанавливаемых двумя методами. Выявленные отношения палинологических и спектральных данных используются для уточнения климатических обстановок седиментогенеза и захоронения ископаемых остатков, а также корреляции отдельных аллювиальных свит.

Несколько подробнее охарактеризуем возможность использования форм распределения микроэлементов для выделения отдельных горизонтов и свит, уточнения стратиграфических интервалов и корреляции отложений на примере изучения надугольной толщи Припятского прогиба. Рассматриваемая толща представлена, как показали исследования В. А. Кузнецова, Н. В. Зайцевой и Г. А. Шимко (1981), темно-серыми, серыми глинами и серыми песками среднего миоцена, зеленовато-серыми, серыми, желто-серыми глинами и песками верхнего миоцена. Формирование первых связано с пойменными заболоченными ландшафтами, вторых — преимущественно с озерными и старичными обстановками. Перекрываются они несогласно глинами и песками антропогена. Разделение верхне- и среднемиоценовых отложений, особенно в разрезах пойменного типа, не всегда уверенное. Положение в их разрезах углей, хотя и имеет пространственное тяготение к пойменным болотам у первых и краевым частям болот у вторых, не прослеживается четко по всей площади бурогольных месторождений. Характер строения толщи и условия образования средне-верхнемиоценовых отложений недостаточно изучены. Это сдерживает стратиграфическую детализацию отдельных частей разрезов и их корреляцию. Характер климатических перемен в миоцене объясняется по-разному: переход к похолоданию трактуется как постепенный, ровный или циклический. Не изучены геохимические критерии выделения границы между средним и верхним миоценом.

С целью решения затрагиваемых вопросов были проведены исследования термической, рентгеновской и геохимической характеристик глин надугольной толщи. Изучались формы нахождения Cu, Co, V, Ti, Mn в глинах толщи на примере Бриневского бурогольного месторождения, определенные по методике, разработанной в Институте геохимии и геофизики АН БССР. Основная цель изучения заключалась в выяснении геохимических различий отложений среднего, верхнего миоцена и антропогена, попытке раскрытия характера палеоклиматических перемен, происходивших в миоцене и зафиксированных в особенностях химического состава глинистых осадков.

В качестве опорного исследовался разрез скв. 2410, наиболее полно вскрывший надугольные образования и имеющий следующее строение (глубина в м):

Песок желтовато-серый, мелкозернистый, слабоглинистый. В интервале 17,0—17,6 м отмечен прослой серых глин . . . . . An 0,0—46,3  
Глина зеленовато-серая, серая с зеленоватым оттенком, местами темно-серая до черной, неяснослоистая, с зеркалами сколь-

жения, плотная. Возможны переотложенные неогеновые глины (табл. 38)	46,3—52,5
Песок серый, мелкозернистый	52,5—56,8
Глина зеленовато-серая, темно-серая до черной, слабожирная, в нижней части опесчаненная	N <sup>3</sup> 56,8—61,8
Песок серый, мелкозернистый кварцевый	61,8—63,9
Глина темно-серая до черной, комковатая, жирная, плотная с зеркалами скольжения. В интервале 66,5—67,5 м углистая с остатками хорошо разложившейся древесины	N <sup>2</sup> 63,9—70,4
Глина углистая черная, пепельно-серая, плотная, жирная	70,4—71,5
Уголь бурый плотный, землистый, с тонким (0,6 м) прослоем пепельно-серой глины	71,5—72,1
Глина черная, сильноуглистая, местами кремовато-серая, плотная, на глубине 72,9—73,5 м участками переходящая в сильнооглинистый уголь	72,1—73,5
Глина черная слабоуглистая, плотная, с гнездами и включениями светло-серой желтоватой глины, содержащей обломки древесины	73,5—75,4
Уголь бурый темно-коричневого цвета, плотный, местами землистый	75,4—86,4
Глина черная, углистая, плотная	N <sup>1</sup> 86,4—86,9
Песок темно-серый с коричневатым оттенком	86,9—100,4

Ниже залегают серовато-зеленые глауконит-кварцевые алевриты киевской свиты палеогена.

Анализ разреза свидетельствует, во-первых, об общем направленном снижении содержания органического вещества от максимума в интервале 75,4—86,4 м вверх по разрезу до глубины 63,9 м. При этом уменьшение количества органики имеет ритмичный характер, который проявляется в чередовании прослоев черных и темно-серых глин. Во-вторых, породы на глубине 63,9 м и выше характеризуют климатическую смену условий седиментации, выразившуюся в частичном размыве нижележащих глин, отложении серых песков и перемене окраски глин на преимущественно зеленовато-серую.

Эти изменения отразились на вещественном составе глинистых отложений. Глины интервала 75,4—63,9 м каолинит-монтмориллонитовые, причем количество монтмориллонита увеличивается вверх по разрезу; на глубины 63,9—56,8 м в основном монтмориллонитовые с примесью каолинита и гидрослюда, при этом примесь гидрослюда увеличивается вверх по интервалу. Глины с глубиной 52,5—46,3 м монтмориллонитовые с существенной примесью гидрослюда.

Концентрация  $C_{орг}$  максимальна (до 18%) в глинах, залегающих непосредственно на буром угле. Вверх по разрезу до отметки 63,9 м она уменьшается до 6%, при этом наблюдается ритмичный характер уменьшения. Содержание  $C_{орг}$  в глинах интервала 63,9—56,8 м резко падает, имеет более однородное распределение в пределах 0,5—1%. В вышележащих антропогенных глинах концентрации органического вещества еще ниже — около 0,5% (рис. 17). Среда в целом характеризуется слабокислыми условиями (рН

Таблица 38

Распределение микроэлементов по формам их нахождения в глинах надугольной толщи Бриневского бурогольного месторождения (в числителе — содержание на породе, п. 10<sup>-4</sup>%, в знаменателе — % от валового содержания)

Глина (возраст), глубина в м	H <sub>2</sub> O	Водорастворимые компоненты	Легкообменные ионы	Карбонаты, растворимые соединения в слабой среде	Элементы с органическими веществами и некоторыми сульфидными	Аморфные гидроксиды и адсорбированные на них элементы	Разрушенные силикаты и не-которые окислы	Трудно растворимые соединения	Валовое содержание
<i>Медь</i>									
Зеленовато-серая (Ап), 50	2,58	0,006	0,20	0,88	1,33	0,53	20,26	1,34	24,55
Серая с зеленоватым оттенком (Ап), 52	4,22	0,02	0,81	3,59	5,42	2,16	82,54	5,46	52,89
Зеленовато-серая (N <sup>3</sup> ), 59	3,25	0,005	0,15	0,74	1,06	0,07	47,56	3,31	26,03
Темно-серая до черной (N <sup>2</sup> ), 65	3,07	0,01	0,28	1,40	2,0	0,13	89,92	6,26	74,10
Черная (N <sup>1</sup> ), 68	3,17	0,007	0,34	0,71	3,78	0,07	15,54	5,58	73,19
Пепельно-серая (N <sup>1</sup> ), 70,8	3,02	0,03	1,31	2,73	14,52	0,27	59,71	21,43	126,66
Кремовато-серая (N <sup>2</sup> ), 73,5	1,83	0,02	0,15	0,15	0,93	0,15	66,35	6,36	41,93
		0,075	0,20	0,20	1,26	0,20	89,54	8,58	
		0,10	Не обн.	0,16	0,49	1,03	61,41	10,03	
		0,043	»	0,22	0,67	1,41	83,90	13,70	
		0,03		0,31	6,59	2,56	107,76	9,40	
		0,340	Сл.	0,25	5,20	2,02	85,08	7,42	
		0,81		0,61	12,06	0,53	25,89	2,50	
				1,46	28,76	1,26	61,75	5,96	
<i>Марганец</i>									
Зеленовато-серая (Ап), 50	Сл.	2,93	5,05	5,63	7,98	7,98	14,45	25,84	61,88
Серая с зеленоватым оттенком (Ап), 52	0,06	4,73	8,16	9,10	12,90	12,90	23,35	41,76	98,70
	0,06	12,76	8,58	7,81	16,66	16,66	19,70	33,13	
		12,93	8,69	7,91	16,88	16,88	19,96	33,57	

Глина (возраст), глубина в м	H <sub>2</sub> O-	Водорастворимые компоненты	Легко- обменные ионы	Кар бонаты, растворимые соединения в слабой среде	Элементы с органическими веществами и некоторыми сульфидами	Аморфные гидроокислы и адсорбированные на них элементы	Разрушенные силкаты и некоторые окислы	Трудно разлагаемые соединения	Валовое содержание
Зеленовато-серая (N <sub>1</sub> <sup>3</sup> ), 59		0,05	17,41	7,59	9,84	4,92	38,25	34,41	112,47
		0,04	15,48	6,75	8,75	4,37	34,01	30,60	
Пепельно-серая до черной (N <sub>1</sub> <sup>2</sup> ), 65,3		0,16	13,02	6,35	9,90	5,36	6,68	8,48	49,95
		0,32	26,07	12,71	19,82	10,73	13,37	16,98	
Черная (N <sub>1</sub> <sup>2</sup> ), 68		0,10	16,96	8,05	8,31	6,64	7,72	5,85	53,63
		0,19	31,62	15,01	15,50	12,38	14,39	10,91	
Пепельно-серая (N <sub>1</sub> <sup>2</sup> ), 70,8		0,21	12,71	9,28	10,60	6,02	4,69	2,35	45,86
		0,46	27,72	20,28	23,11	13,13	10,23	5,12	
Кремовато-серая (N <sub>1</sub> <sup>2</sup> ), 73,5		0,26	7,0	3,92	6,0	Сл.	13,47	Не обн.	30,65
		0,85	22,84	12,79	19,57		43,95		
<i>Титан</i>									
Зеленовато-серая (An), 50		0,013	Не обн.	0,05	0,09	Не обн.	20,26	5742,6	5763,01
		0,0002	»	0,001	0,002	»	0,35	99,65	
Серая с зеленоватым оттенком (An), 52		Не обн.	»	следы	Сл.	»	6,73	7572,8	7579,53
							0,09	99,91	
Зеленовато-серая (N <sub>1</sub> <sup>3</sup> ), 59		0,013	»	0,03	Не обн.	»	33,47	8370,0	8403,55
		0,001	»	0,0004	»	»	0,40	99,60	
Пепельно-серая до черной (N <sub>1</sub> <sup>2</sup> ), 65,3		0,043	»	0,04	»	»	20,44	8479,0	8499,95
		0,005	»	0,001	»	»	0,24	99,75	
Черная (N <sub>1</sub> <sup>2</sup> ), 68		Не обн.	»	0,07	0,06	0,37	15,06	8361,0	8376,56
				0,001	0,001	0,004	0,18	99,81	
Пепельно-серая (N <sub>1</sub> <sup>2</sup> ), 70,8		0,03	»	0,06	1,21	5,64	35,68	7047,9	7090,52
		0,0004	»	0,001	0,02	0,08	0,50	99,40	
Кремовато-серая (N <sub>1</sub> <sup>2</sup> ), 73,5		0,04	2,50	0,11	18,49	0,37	76,61	1749,72	1847,84
		0,002	0,14	0,01	1,0	0,02	4,16	94,68	
<i>Ванадий</i>									
Зеленовато-серая (An), 50		0,003	Не обн.	0,19	Не обн.	6,21	15,95	48,81	71,16
		0,004	»	0,27	»	8,73	22,41	68,59	
Серая с зеленоватым оттенком (An), 52		0,003	»	0,37	»	4,0	21,62	62,48	88,47
		0,003	»	0,42	»	4,52	24,44	70,62	
Зеленовато-серая (N <sub>1</sub> <sup>3</sup> ), 59		Не обн.	»	0,27	»	4,21	14,94	61,38	80,80
				0,33	»	5,21	18,49	75,97	
Пепельно-серая до черной (N <sub>1</sub> <sup>2</sup> ), 65,3		0,03	1,89	7,38	128,80	20,67	27,12	51,72	237,61
		0,01	0,79	3,11	54,21	8,70	11,41	21,77	
Черная (N <sub>1</sub> <sup>2</sup> ), 68		0,14	0,96	9,18	87,50	37,64	28,97	71,90	236,29
		0,06	0,41	3,88	37,03	15,93	12,26	30,43	
Пепельно-серая (N <sub>1</sub> <sup>2</sup> ), 70,8		0,13	2,79	7,48	103,44	33,09	23,43	39,94	210,30
		0,06	1,33	3,56	49,19	15,73	11,14	18,99	
Кремовато-серая (N <sub>1</sub> <sup>2</sup> ), 73,5		0,12	1,0	4,44	22,87	Не обн.	7,87	20,0	56,30
		0,21	1,78	7,89	40,62		13,98	35,52	
<i>Кобальт</i>									
Зеленовато-серая (An), 50		Не обн.	0,95	1,39	0,93	4,43	3,38	0,48	11,56
			9,22	12,02	8,05	38,32	29,24	4,15	
Серая с зеленоватым оттенком (An), 52		»	0,82	1,85	0,74	2,67	5,28	1,14	12,50
			6,56	14,80	5,92	21,36	42,24	9,12	
Зеленовато-серая (N <sub>1</sub> <sup>3</sup> ), 59		»	0,75	1,37	4,55	2,81	2,99	0,93	13,40
			5,60	10,22	33,96	20,97	22,31	6,94	

Глина (возраст), глубина в м	H <sub>2</sub> O—	Водорастворимые компоненты	Легкообменные ионы	Карбонаты, растворимые в слабой среде	Элементы с ор- ганическими веществами и некоторыми сульфидами	Аморфные гидроокислы и адсорбирован- ные на них элементы	Разрушенные силликаты и некоторые окислы	Трудно раз- лагаемые соединения	Валовое содержа- ние
Пепельно-серая до черной (N <sub>1</sub> <sup>3</sup> ), 65,3			0,38 28,79	0,10 7,57	0,16 12,12	Не обн.	[Не обн.	0,68 51,52	1,32
Черная (N <sub>1</sub> <sup>2</sup> ), 68		0,006 0,88	Не обн.	0,11 16,27	0,06 8,88	Не обн.	Не обн.	0,50 73,97	0,67
Пепельно-серая (N <sub>1</sub> <sup>2</sup> ), 70,8		0,007 0,69	»	0,13 12,91	0,09 8,94	»	»	0,78 77,46	1,01
Кремовато-серая (N <sub>1</sub> <sup>2</sup> ), 73,5		0,010 6,25	»	0,05 31,25	0,10 62,50	»	»	Сл.	0,16

4,8—5,1) в разрезе среднемиоценовых отложений и нейтральными (рН 7,1—7,4) верхнемиоценовых и антропогенных.

Таким образом, намечаются некоторые различия по данным распределения C<sub>орг</sub>, рН и литологическим признакам между осадками среднего и верхнего миоцена, верхнего миоцена и антропогена. Исходя из этого, можно ожидать различия в формах распределения микроэлементов, чутко реагирующих на климатические и палеогеохимические изменения условий литогенеза.

Распределение микроэлементов, как видно из табл. 38, имеет ряд закономерностей и особенностей, вытекающих из перемены литолого-фациальных и палеоклиматических условий, что может быть, видимо, оценено как возрастной показатель отложений.

Вверх по разрезу неогеновых глин отмечается тенденция к снижению концентраций меди в водорастворимой форме от  $0,34 \times 10^{-4}$  до  $0,007 \cdot 10^{-4}\%$ . Содержание элемента в этой форме в антропогенных глинах не превышает  $0,006 \cdot 10^{-4}\%$ . В форме легкообменного катиона намечается различие концентраций меди в верхнемиоценовых и антропогенных глинах. Не совсем ясно отсутствие меди в этой форме в глинах интервала 73,5—68,0 м, так как здесь можно было ожидать уменьшения концентрации, как и для водорастворимых компонентов. Для меди в карбонатной и органогенной формах характерно снижение концентраций вверх по разрезу среднемиоценовых глин, некоторое увеличение в верхнемиоценовых, а затем снижение в антропогенных глинах. При этом

различия между верхнемиоценовыми и антропогенными глинами контрастные, особенно для карбонатной формы. В аморфных гидроокислах и адсорбированных на них элементах концентрации меди колеблются в пределах  $2,56 \cdot 10^{-4}$ — $0,15 \cdot 10^{-4}\%$ . Различия между верхне- и среднемиоценовыми глинами по данному показателю четкие. В форме разрушаемых и труднорастворимых силикатов отмечается тенденция повышения концентраций меди вверх по разрезу. Резкие изменения в содержании этой формы наблюдаются между глинами среднего и верхнего миоцена, верхнего миоцена и антропогена.

Снижение доли активных форм миграции меди (химических — солевой, адсорбционной и др.) и возрастание пассивных (механических — в составе минеральных обломков) связаны с климатическими переменами, которые, как следует из приводимого материала, имели направленный и ритмичный характер.

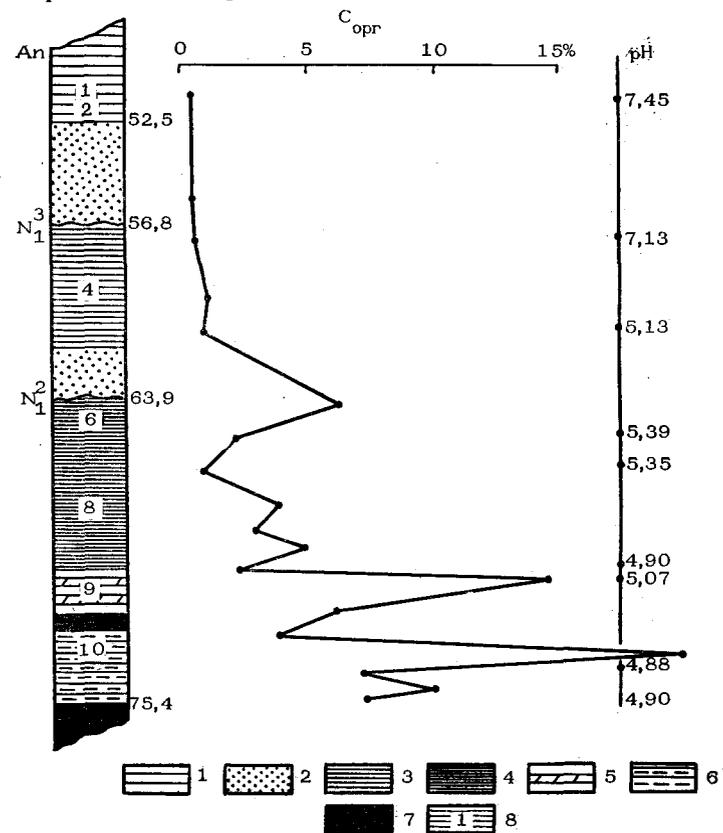


Рис. 17. Распределение C<sub>орг</sub> и величин рН в глинистых отложениях надугольной толщи Бриневского бурогольного месторождения: 1 — зеленовато-серая глина, антропогенная, 2 — серый песок, 3 — зеленовато-серая глина, неогеновая, 4 — черная глина, 5 — черная, пепельно-серая глина, 6 — черная глина с гнездами светло-серой и желтоватой, 7 — бурый уголь, 8 — место отбора проб

Необходимо отметить, что особенности распространения меди и уровни содержания по разрезу в силикатных формах антропогенных отложений, особенно в интервале 52 м, свидетельствуют о значительном перемыве неогеновых, вероятно, среднемиоценовых глин.

В распределении ванадия по формам отмечаются те же тенденции, что для меди. Однако его особенностью является, во-первых, четкое различие концентраций в водорастворимой и легкообменной формах в глинах среднего, верхнего миоцена и антропогена, при этом отмечается их резкое снижение в глинах последних двух возрастов по отношению к среднемиоценовым. Во-вторых, заметны различия в поведении ванадия в карбонатной и органической формах между среднемиоценовыми и лежащими выше глинистыми осадками. В-третьих, характерна значительная роль легкоразрушаемых силикатов и господствующая — трудноразлагаемых силикатов в верхнемиоценовых и особенно антропогенных глинах.

При общем сохранении отмеченных тенденций в распределении марганца необходимо выделить: во-первых, четкое снижение содержания в легкодоступной форме вверх по разрезу; во-вторых, некоторое повышение концентраций в средней части разреза, особенно вблизи горизонта верхнемиоценовых глин для легкообменной формы. Прослеживается изменение степени концентрации рассматриваемых глин для карбонатной и органической форм, что связано с общими тенденциями перемен процессов карбонатообразования и развития органического вещества на этих этапах литогенеза. Обращает на себя внимание повышение концентрации марганца в форме аморфных гидроокислов в глинах антропогенного возраста, а также высокие абсолютные и относительные к валовому содержанию этого элемента в силикатных формах в верхнемиоценовых и антропогенных глинах.

На распределение кобальта в глинах значительное влияние оказывали аморфные окислы железа и марганца, а также карбонаты, в силу чего отмечается его повышенное содержание в соответствующих формах. Наблюдается снижение концентрации кобальта в легкоподвижной водорастворимой форме и некоторое возрастание его концентраций в трудноподвижных (силикатных) формах вверх по разрезу толщи.

Для титана типична незначительная концентрация в легкоподвижных состояниях (ряд форм от водорастворимой до аморфных гидроокислов и адсорбированных на них ионов). В форме легкоразрушаемых силикатов титан содержится в количествах 0,09—4,16% от валового. Основное количество элемента связано с трудноразлагаемыми силикатами. Знаменательно, что вверх по разрезу неогена в водорастворимой форме концентрации титана падают, а в трудноразлагаемых силикатах — возрастают.

Таким образом, вверх по разрезу надугольных глин уменьшается степень активной (химической) и возрастает — пассивной (механической) миграции элементов, что обусловлено снижением

химической активности среды в связи с изменениями климатических условий в сторону похолодания. Примечательно, что концентрации микроэлементов в составе органического вещества вверх по разрезу испытывают подобное снижение активности миграции, а характер этого снижения имеет признаки ритмичности (рис. 18).

Из приведенных данных видно, что на распределение микроэлементов, кроме органического вещества, оказывали влияние процессы гипергенного новообразования карбонатов, окислов железа и марганца. В глинах отмечается приуроченность основного количества Ti, Mn, V к силикатной форме; Mn, V, частично Cu, Co входят в кристаллическую решетку глинистых минералов; Ti, V — также в состав тонкодисперсных рудных минералов — магнетита и ильменита; Cu — частично в полевые шпаты; Co имеет повышенный удельный вес в аморфных гидроокислах и нерастворимом остатке.

Таким образом, полученные результаты указывают на направленный, с элементами ритмичности, характер изменения климати-

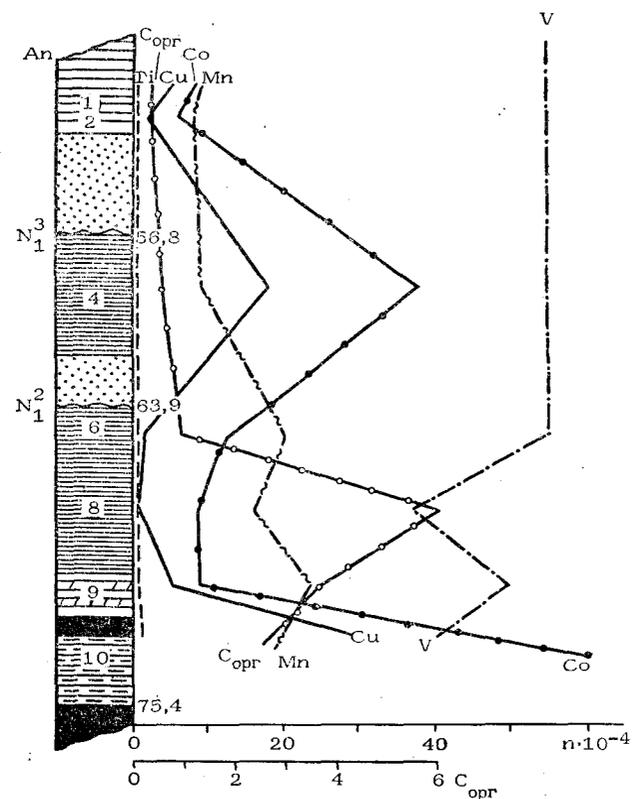


Рис. 18. Содержание микроэлементов в органическом веществе глинистых отложений надугольной толщи Бриневского бурогоугольного месторождения, % от валового. Условные обозначения те же, что на рис. 17

ческих условий в неогене; фиксируют у глин среднего и верхнего миоцена четкие различия в концентрациях микроэлементов по формам их нахождения, а также перепады в содержании  $Co_{org}$ ; обнаруживают признаки влияния перемыва миоценовых глин в составе антропогенных осадков, залегающих на верхнемиоценовых образованиях.

Обнаружение геохимической ритмичности в составе глин и, следовательно, ритмичности палеоклиматических условий в надугольной толще выдвигает необходимость более глубокого изучения этого явления. Это открывает новые возможности в корреляции свит и уточнении границы между их осадками по геохимическим данным.

В областях развития антропогенного покровного оледенения аллювиальные свиты имеют маркирующее значение для расчленения моренных отложений и их пространственной корреляции.

**Корреляция аллювиальных формаций.** Геологическая формация представляет собой ассоциацию горных пород, тесно связанных друг с другом в генетическом, возрастном и пространственном отношениях. Аллювиальные отложения речной долины (или речного бассейна), взятые в своей совокупности, составляют обычно единую аллювиальную формацию. Этапы палеопотамологического развития долины, связанные с геологическими и тектоническими изменениями, характеризуют этапность и унаследованность развития этой формации.

Подход к корреляции формаций проиллюстрируем на примере аллювия двух угольных бассейнов (Методика корреляции..., 1970).

В Канско-Ачинском угольном бассейне широко представлены отложения фаций делювиально-пролювиального (склоновая и временных потоков), аллювиального (русовая, половодная), озерного (заблачивающихся земель и водоемов), бассейнового (лагуны и заливы, прибрежного мелководья) типа. Для корреляции здесь были выделены пять зон, различающихся глинистыми минералами (снизу вверх): гидрослюдистая, гидрослюдистая с примесью монтмориллонита, гидрослюдистая, гидрослюдистая с каолинитом, каолинит-гидрослюдистая с примесью монтмориллонита; по ассоциациям тяжелых минералов — ильмениту, лейкоксену, рутилу, сфену, гранату, турмалину, эпидоту, амфиболам, анатазу, брукиту и др. — выделено и прослежено от 7 до 12 горизонтов аллювия. Минералогические коррелянты оказались более показательными в пределах отдельных районов, так как последние характеризуются различными терригенно-минералогическими провинциями.

В Южно-Якутском угольном бассейне корреляция проводилась по следующим признакам: 1) по распределению сидеритов различной степени окисленности и мелкокристаллическому пириту; 2) по наличию карбонатных прослоев и характеру гранулометрической изменчивости разрезов; 3) в продуктивных слоях по аутигенным пиритам, карбонатам, а также титанистым минералам (анатазу, брукиту, лейкоксену), циркону, апатиту, эпидоту, биотиту, цеолитам и другим, позволившим выделить и проследить от-

дельные свиты; 4) по тенденции повышения или понижения по разрезу угленосной толщи концентраций бария, ванадия и свинца, по частоте встречаемости в песках и алевролитах с карбонатным цементом кобальта и никеля; 5) по карбонатности пород, содержанию и видам карбонатных прослоев (кальцитовых, сидеритовых, кальцито-сидеритовых); 6) по обломкам вулканического стекла. Необходимо отметить, что различия в минеральных ассоциациях — коррелянтах в этих бассейнах объяснены с палеоклиматических позиций, так как на протяжении всего мезозоя питающиеся провинции бассейна оставались одними и теми же. Изменение климата и геохимических обстановок обусловило главенство сидерита и пирита в начале юры, титаносодержащих минералов — в средней юре, биотита, роговой обманки и эпидота — в нижнем мелу, отражая в целом скачкообразное похолодание от юры к мелу.

В Печорском угольном бассейне А. В. Македоновым (1957) был разработан метод корреляции, основанный на детальном изучении конкреций. Воркутинская угленосная свита, сложенная лагунно-прибрежно-морскими и дельтовыми фациями, характеризуется стратиграфическими конкреционными комплексами (зоны), соответствующими подсвитам: а) нижняя — резкое преобладание кальцитовых, отсутствие сидеритовых, незначительное содержание ангидритовых и присутствие закисно-железисто-кремнистых конкреций; б) средняя — преобладание анкеритовых, много анкерито-сидеритовых и сидеритовых конкреций; в) верхняя — господство сидеритовых, наличие своеобразных известково-анкеритово-сидеритовых конкреций. Указанные ассоциации конкреций и их морфологические, химические особенности являются маркирующими и прослеживаются на большие расстояния, имея региональный характер. Для бассейна в целом характерна качественная корреляция между определенными конкреционными комплексами и угленосностью, используемая при поисках угля.

## КОРРЕЛЯЦИЯ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ РЕЧНЫХ ДОЛИН

### Прослеживание контуров погребенных долин

Широко применяется палеопотамологический метод прослеживания речных долин при изучении переуглубленных ложбин ледникового выпахивания и размыва, поскольку, во-первых, часто надвигавшиеся ледники использовали для своего продвижения речные долины, при этом нередко полностью или частично уничтожая следы предшествующей речной деятельности, однако по наличию переуглубленных ложбин ледникового выпахивания и размыва, по ряду литологических, гляциотектонических и других признаков здесь могут быть найдены остатки речных долин; во-вторых, в толще, отлагавшейся ледниками или перекрытой ими, часто распространены аллювиальные свиты. Как показано Г. И. Горечким (1980), Е. П. Маидер (1973), погребенные речные долины не-

Величины минералогических коэффициентов верхнечетвертичных аллювиальных отложений Днестра, фракция 0,25—0,1 мм

Участок	Коэффициент						
	кварцево-полевошпатовый	влияния местных пород	источника питания	Руэ	неоэлювия	устойчивости	выветрелости
<i>I надпойменная терраса</i>							
Жлобинский	13,3	12,46	6,04	0,14	2,05	0,42	17,77
Речицкий	10,6	13,74	6,66	0,16	1,76	0,39	19,77
<i>II надпойменная терраса</i>							
Оршанский	10,6	27,57	5,19	0,05	6,53	0,18	6,92
Могилевский	10,7	8,48	5,25	0,19	2,70	0,53	16,30
Жлобинский	8,7	15,76	5,36	0,13	1,88	0,41	14,29
Речицкий	16,8	7,90	3,82	0,12	1,45	0,64	43,50

редко пространственно наследуют переуглубления, созданные ледниковой экзарацией.

При прослеживании погребенных речных долин используются методы геофизической разведки — сейсмической, электрической и гравитной. В частности, при поисках нефти и газа в Среднем Поволжье данными электроразведки выявлены зоны углублений в донеогеновых породах, совпадающие с древней речной сетью, в целом смещенной по отношению к современной речной сети в восточном направлении (Розанов, Чирвинская, 1970).

### Прослеживание аллювиальных террас

Прослеживание аллювиальных террас по геоморфологическим признакам освещено в многочисленных исследованиях (Горещкий, 1980; Мандер, 1973 и др.).

Корреляция аллювиальных террасовых уровней и их отложений с геологическими событиями в прилегающих регионах охарактеризована в работах Л. Н. Вознячука, М. А. Вальчика (1977), Ф. А. Алявдина, В. К. Шкатовой (1970) и др. Так, например, Ф. А. Алявдин и В. К. Шкатова приводят следующие ряды корреляций для террас Волги: 1) верхнечетвертичное оледенение — I надпойменная терраса Средней Волги — I и II надпойменные террасы Нижней Волги — верхне- и нижневалынские трансгрессии Каспийского моря; 2) зандры Балтийской равнины — II надпойменная терраса Горьковского Заволжья — III надпойменная терраса Нижней Волги — верхнехазарская трансгрессия Каспия; 3) Марийские и Ветлужские зандровые поля днепровского оледенения — III терраса Средней Волги — IV надпойменная терраса Нижней Волги — нижнехазарская трансгрессия Каспия; 4) окское оледенение — венедский аллювий в переуглублениях долины Волги — бакинская трансгрессия Каспийского моря.

Применяется широкий комплекс методов и приемов, в том числе литологические и геохимические.

Так, исследования автора и С. Л. Шиманович показали, что в песчаном аллювии надпойменных террас Днестра изменения характера минералогической ассоциации имеют некоторые пространственные закономерности: отмечается тенденция к увеличению значений кварцево-полевошпатового и коэффициента Руэ и уменьшению коэффициентов источника питания, неоэлювия, т. е. выявляются черты дифференциации материала вниз по течению реки. Степень изменений величин указанных коэффициентов у верхнеантропогенного аллювия ниже, чем у среднеантропогенного (табл. 39). Это подчеркивает палеогеографическое своеобразие формирования аллювия в верхнем антропогене, заключавшееся, во-первых, в гидродинамических режимах речных потоков, близких к флювиогляциальным в перигляциальной палеообстановке, во-вторых, в формировании состава речных осадков за счет перемыва водно-ледниковых отложений. Показательно закономерное увеличение значений коэффициента выветрелости вниз по Днестру у ал-

лювия II надпойменной террасы, отражающее уменьшение степени размыва моренных пород при переходе от Оршанского к более низким участкам долины, что проявляется также в повышенных величинах коэффициентов влияния местных пород и источника питания для первого участка. Резко высока величина коэффициента выветрелости у аллювия II надпойменной террасы на Речицком участке, видимо, обусловленная началом врезания Днестра в неогеновые и палеогеновые отложения. Сравнение аллювия террас на одних и тех же участках показывает его временные различия по коэффициентам: кварцево-полевошпатовому, неоэлювия, устойчивости, выветрелости.

Различия в минеральном составе террас из-за частой однородности состава их отложений не всегда показательны. Однако при большом объеме минералогических данных возможна корреляция террас, на что указывал А. А. Лазаренко (1964). В частности, для среднего течения Днестра корреляции молодых (пойменной и бороной) и древних (четвертой и пятой) террас проводились им по повышенным содержаниям пироксенов, амфиболов, слюд в первых двух террасах и циркона, ставролита, глауконита, карбонатов в двух последних.

Б. М. Осовецкий и Л. Л. Розанов (1978) считают, что наилучшие результаты для расчленения и корреляции террасовых уровней дают материалы по распространению отдельных тяжелых минералов (граната и др.) в зависимости от выхода тяжелой фракции размерностью 0,25—0,1 мм, по распространению акцессорных и второстепенных минералов, по средним количествам неустойчивых минералов. В бассейне Северной Двины средние значения сумм неустойчивых минералов увеличиваются от III к I террасе и высокой пойме. Здесь по ассоциациям четко выделяются озерные и аллювиальные отложения: для первых — амфиболово-эпидотовая, для вторых — амфиболово-гранатовая ассоциации. Ранее Б. М.

Осовецкий, Л. Л. Розанов (1976) использовали для расчленения и корреляции аллювия разновозрастных террас соотношения черных, красных, желтых и оранжевых разновидностей рutila.

Б. С. Лунев (1967) отмечает различия в химическом составе тяжелых минералов террас р. Чикоя: отложения I и II надпоймен-

Таблица 40

Изменение состава тяжелых минералов аллювиальных отложений террас р. Чикоя (Лунев, 1967), вес %

Окисел	Терраса				Окисел	Терраса			
	I	II	III	IV		I	II	III	IV
SiO <sub>2</sub>	38,2	38,8	23,8	24,9	MnO	0,2	0,5	1,7	1,6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,0	8,3	12,9	13,4	K <sub>2</sub> O	6,6	1,0	0,2	0,2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,4	7,0	12,3	12,3	Na <sub>2</sub> O	1,2	1,1	0,2	0,1
FeO	12,9	14,1	21,9	21,2	TiO <sub>2</sub>	2,0	7,4	17,3	16,0
CaO	12,5	11,1	6,1	6,8	H <sub>2</sub> O	0,9	1,0	0,6	0,6
MgO	10,0	9,7	3,0	2,9					

Таблица 41

Распределение микроэлементов в песчаных аллювиальных отложениях надпойменных террас территории Белоруссии, п·10<sup>-3</sup>%

Микро-элемент	Неман		Днепр		Припять	
	I	II	I	II	I	II
Mn	3—50*) 18,3	1—20 6,7	6,9—34,5 11	9,5—19,0 11,2	0,3—10 0,3	Не обн.—1,0 —
Ti	20—200 100,4	10—200 51,7	18,6—240 38	18—260 50	20—200 36,0	Не опр. —
Cr	0,8—80 20,1	Не обн.—40 8,4	0,5—4 1,0	0,6—2 1,4	Не обн.—10 0,4	Не обн.—2 —
Ni	Не обн.—50 8,1	Не обн.—10 2,0	0,2—26 0,3	0,1—22 0,6	Не обн.—2 —	Не обн. —
V	Не обн.—10 —	Не обн.—3 —	0,9—8 1,5	1,2—5 3,1	Не обн.—20 0,5	Не обн. —
Cu	Не обн.—30 24,1	Не обн.—10 1,4	— —	— —	0,5—5 0,4	0,5—5,0 —
Zr	3—50 20,4	Не обн.—50 11,8	4,4—31 8,0	1,9—40 6,5	— —	— —
Ba	3—400 63,0	Не обн.—100 27,3	— —	— —	10—80 27,0	Не обн.—10 —
Zn	Не обн.—3 —	Не обн.—30 —	— —	— —	Не обн.—10 —	Не обн. —

\*) В числителе — пределы содержания, в знаменателе — среднее.

Таблица 42

Химический состав аллювиальных песков надпойменных террас Днепра в пределах Белоруссии, %

Участок	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO
<i>I надпойменная терраса</i>				
Центральный	92,86—96,17*) 94,59	0,14—0,44 0,31	0,94—2,86 2,10	Не обн.—1,16 0,58
Южный	96,27—96,43 96,35	0,22—0,28 0,25	1,31—1,36 1,33	0,29—0,60 0,44
<i>II надпойменная терраса</i>				
Северный	54,28—76,31 64,09	2,15—9,73 6,58	5,38—7,93 6,52	3,48—5,69 4,47
Центральный	93,80—97,82 95,33	Не обн.—0,65 0,30	0—2,43 —	0—0,46 0,29
Южный	97,78	0,11	0,50	Не опр.
Участок	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	п. п. п.

*I надпойменная терраса*

Центральный	Сл.—0,42 0,18	0,96—1,34 1,15	0,42—0,50 0,45	0—0,38 0,21
Южный	Сл.—0,60 0,30	Сл.—0,60 0,30	Сл.—0,19 0,09	0,29—0,33 0,31

*II надпойменная терраса*

Северный	1,51—1,65 1,00	1,80—2,70 2,16	0,47—0,60 0,53	4,31—17,42 11,90
Центральный	0—0,13 0,09	Не опр.	Не опр.	Не обн.—0,25 0,12
Южный		»	»	0,20

\*) В числителе — пределы содержания, в знаменателе — среднее.

ных террас отличаются от осадков III и V террас и прослеживаются по повышенным концентрациям SiO<sub>2</sub>, CaO, MgO, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O и пониженным Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, MnO, TiO<sub>2</sub> (табл. 40).

Исследования показывают различия в распределении микроэлементов в песчаных отложениях аллювия русловой фации надпойменных террас на территории Белоруссии (табл. 41). В верхнем течении Немана осадки I надпойменной террасы выделяются по от-

ношению к осадкам II террасы повышенными концентрациями Mn, Ti, V, Cr, Ni, Cu, Zr, Ba. Характерно, что подобные соотношения микроэлементов, особенно четко первых трех, сохраняются для террас и в нижнем течении Немана на территории Литвы.

В русловой фации террас Припяти в целом отмечается та же тенденция в распределении микроэлементов в зависимости от возраста отложений. В песках пойменной фации наблюдается обратная закономерность, обусловленная несколько повышенной глинистостью осадков II надпойменной террасы.

Для террас Днепра описанная закономерность проявляется не четко (отмечаются более высокие максимальные содержания Mn, Cr, Ni, V), что связано с пересечением рекой территорий, характеризующихся сложными соотношениями размыва различных количеств моренных горизонтов. Однако при территориальном учете особенностей строения бассейнов эрозии эти различия в составе отложений становятся более четкими, например для Si, Fe, Al, Ca, Mg, особенно на южных участках (табл. 42). Отмеченные закономерности распределения микроэлементов учитываются при уточнении уровней террас и их прослеживании.

В последнее время для корреляции террас широко используются данные абсолютного возраста по  $^{14}\text{C}$ . Так, С. А. Архипов (1973) установил, что возраст речных террас в верховьях Оби составляет: IV надпойменной террасы 22—19 тыс., III и II около 19—15 тыс. и I надпойменной террасы 15—11,5 тыс., высокой поймы 10,9—6,4 тыс. лет, т. е. террасовые уровни были сформированы в позднем вюрме, а не ранее, как это считалось.

М. А. Певзнер, А. Л. Чепалыга (1970) на основании изучения прямой намагниченности аллювия V террасы и обратной — VII—IX террас провели корреляцию речных террас Приднестровья.

Многое в уточнении возраста и корреляции террас было достигнуто благодаря датировкам абсолютного возраста их отложений. В частности, рельеф Печорской низменности, который трактовался как серия морских террас, как оказалось, имеет сложную историю формирования, и так называемая роговская свита сложена разновозрастными осадками. Террасовые уровни имеют ледниковую, речную и озерную природу. Возраст аллювия, слагающего основные террасы, составил  $1236 \pm 170$  и  $12260 \pm 180$  лет, террас приледниковых озер — порядка 9—5 тыс. лет (Лавров, Арсланов, 1977).

#### **КОРРЕЛЯЦИЯ ПРОДУКТОВ АЛЛЮВИАЛЬНОГО РУДОГЕНЕЗА**

Рудная формация, являясь частью геологической формации, объединяет ряд месторождений полезных ископаемых, характеризующихся близкими минеральными ассоциациями и сформированных в сходной геологической обстановке. В пределах геологической формации обычно выделяются парагенетические ассоциации рудных формаций.

#### **Рудоносные формации и их положение в речной долине**

В аллювиальной формации распространение рудных формаций подчиняется закономерностям дифференциации вещества в речных долинах и геолого-тектонического развития региона, охватывающего речной бассейн в целом или его отдельные части. Формации россыпей тяготеют в основном к верховьям долин и их притоков, здесь же формируются бокситоносные формации. На участках долины среднего и нижнего течения рек в условиях заболачивания ландшафтов формируются торфяные, угленосные и железорудные (болотные руды) формации. С зонами дельт связаны железорудные (гидрогетит-шамозит-сидеритовые руды) и мёделеносные формации, здесь же под влиянием прибрежно-морских перемыслов образуются россыпные формации.

Н. М. Страхов (1962), характеризуя рудогенез в речных долинах, отмечает следующие пространственные закономерности аллювиального накопления Al, Fe, Mn: руды  $\text{Al}_2\text{O}_3$  накапливаются в верховьях магистрального речного потока, преимущественно в его притоках второго и третьего ранга; от среднего течения вплоть до устья формируются руды железа, при этом к верховьям тяготеют гидрогетитовые скопления, ниже — гидрогетит-шамозит-сидеритовые; марганцовые рудные скопления известны лишь в конечных частях речных долин в надводной и подводной частях дельтовых зон. Для микроэлементов основным фактором распределения в долине является степень сортировки материала в процессе переноса и осаднения его рекой: чем интенсивнее сортировка, тем сильнее обедняются песчаные осадки, а глинистые и илистые отложения обогащаются микроэлементами. Бокситоносные формации вниз по долине постепенно сменяются угленосной формацией.

Процессы аллювиального рудогенеза механического, химического, биогенного и гидрогенного генезиса детально охарактеризованы нами (В. А. Кузнецов, 1976). Пространственные соотношения рудных формаций и их проявления могут служить важным литолого-геохимическим критерием корреляции аллювиальных толщ, процессов и продуктов рудогенеза. Критерии такой корреляции важны для прогнозов и поисков полезных ископаемых. Проводя корреляцию рудоносных формаций, необходимо учитывать ряд условий: тектонический режим, палеоклимат, геологическое строение питающих провинций, с одной стороны, а также взаимосвязи рудных формаций речной долины и рудных формаций конечных водоемов стока — с другой.

В геохимическом отношении одни и те же рудные формации, находившиеся в различных частях речной долины или озерного и морского водоема, имеют различия в составе пород и руд. Например, россыпи ближнего сноса верховьев рек более разнообразны по составу минералов, редких и рассеянных элементов, чем россыпи дельтовых областей; различны составы углей долинных и прибрежно-морских равнинных условий формирования. Русловые

россыпи часто более обогащены золотом, платиной, оловом, чем пойменные, и т. д. Проявление меденосной формации в дельтовых областях может указывать на наличие свинцово-цинковой формации в мелководно-морских обстановках.

Минералого-геохимическая специфика россыпей аллювиальных формаций указывает на определенные генетические типы рудоносных эндогенных формаций пород водосборных пространств.

### Корреляция процессов и продуктов аллювиального рудогенеза

Аллювиальный рудогенез связан с механическими, химическими и биогенными процессами, подробно охарактеризованными в работах В. А. Кузнецова (1976), Г. В. Нестеренко (1977), В. В. Поликарпочкина (1976), Б. С. Лунева (1967) и др.

Россыпеобразование как наиболее типичный рудогенез речных долин определяется подвижностью и устойчивостью россыпеобразующих минералов, гидродинамическими условиями их переноса, осаднения и накопления, наличием коренных месторождений и рудопроявлений и степенью развития на них кор выветривания, гидрологией и гидродинамикой речных потоков, тектоническим развитием региона и рядом других факторов и процессов.

По условиям и процессам россыпеобразование в речной долине происходит по двум схемам: 1) формирование пластовых (автохтонных) россыпей — размывание рекой продуктов выветривания на водосборах, вынос песчаных и глинистых частиц, обогащение крупным и тяжелым обломочным материалом, оседание и накопление в нижней части подруслового аллювия рудных минералов; 2) формирование косовых (аллохтонных) россыпей — отложение алевритово-песчаных частиц в местах спада скорости водного потока, смыв водным потоком мелких и более легких частиц с обогащением осадка рудными минералами.

Для первого типа рудогенеза характерны накопления россыпеобразующих минералов в нижней, приплотиковой части аллювиального разреза, приуроченность к русловой (пристречневой) фации, накопление в плотиковую и равновесную динамические фазы, связь с грубообломочным аллювием, одноструйчатая, лентообразная, четковидная, линзовидная, гнездовая, изометричная, неправильная и многоструйчатые формы россыпей. Распределение металла по россыпи имеет весьма постоянный, постоянный, средней постоянности, непостоянный и гнездовой характер. Для второго типа рудогенеза характерно обогащение россыпными минералами средней и верхней частей аллювиального разреза, приуроченность к отложениям кос, отмелей, реке поймы, связь с мелкопесчаным и алевритовым материалом, непостоянный характер распределения металла по площади. Формирование близко к процессу естественного шлихования.

Таким образом, процессы дифференциации материала разде-

ляют эти два типа рудогенеза во времени и пространстве. Первый тип характерен для горных и предгорных речных долин, второй — для равнинной речной сети.

Согласно Ю. А. Билибину (1956), вниз по речной долине отмечается следующее распределение россыпей по зонам: 1) зрелых долин старого эрозионного цикла (долинные россыпи старого эрозионного цикла); 2) углубления долин (русловые и террасовые россыпи); 3) расширения долин и заполнения их речными отложениями (преобразование русловых россыпей в долинные, уничтожение террасовых россыпей) и 4) зрелых долин нового эрозионного цикла (долинные россыпи нового эрозионного цикла).

В речных долинах россыпи встречаются в непогребенном, частично погребенном и полностью погребенном состоянии.

В. В. Поликарпочкин (1976) приводит результаты своих и других исследований геохимических особенностей и структуры рудогенеза в речной долине. Наиболее важными из них с точки зрения геохимической корреляции являются следующие: 1) от полиметаллических месторождений в потоках рассеяния наблюдается согласованное распределение величин концентраций Pb, Zn, As и Ag, Mo и согласованность величин продуктивности потоков по Pb, Zn, As; иногда сдвиги максимумов продуктивности вниз по течению As и Cu относительно Zn, также Zn, As, Cu относительно Pb; 2) величины потоков рассеяния от полиметаллических месторождений по Pb составляют не менее 1 км (максимум до 4 км); по сумме тяжелых минералов Zn, Cu, Pb от 1,5—3,0 до 6—10 км; от железорудного месторождения по Fe не менее 2 км (до 3 км); от медных месторождений до нескольких десятков километров; от пегматитовых месторождений до 10 км, причем устойчивые потоки характерны для Li, Cs, а для Be, Sn они прерывистые; от карбонатитов по P до 9 км, Nb — 6, Mn — 5,5, редким землям 1—4 км; 3) продуктивность потоков рассеяния в пределах рудных интервалов водосборов увеличивается вниз по течению потока, а вне их уменьшается, однако надо иметь в виду возможность влияния динамических факторов; 4) в начальной части потока рассеяния наиболее высокие концентрации часто приходится на крупные фракции обломков; вниз по течению повышенные концентрации смещаются к мелкой фракции; 5) содержание обменных металлов в пойменных отложениях выше, чем в русловых, в профиле поймы оно максимально в центральной части, вблизи русла; 6) максимумы россыпей располагаются против коренных источников либо с некоторым смещением вниз по потоку; 7) в россыпи наиболее содержание ценного компонента тяготеет к верхней части; 8) террасовые россыпи располагаются рядом с россыпями действующего русла; 9) потокам рассеяния, связанным с аллювием, часто соответствуют и сопутствуют потоки рассеяния во взвешенных наносах, а также в водных ореолах.

Рудоносность аллювия определяется фаціальными особенностями рудного седиментогенеза. Концентрации металла в россыпи в зависимости от фации образуют ряд: стречневая россыпь—россыпь

русловой отмели—пойменная россыпь при крупных обломочных частицах и обратный ряд—при мелких частицах рудных обломков. Примечательно, что структура рудного поля в речной долине имеет сложный качественный и количественный характер. Например, по данным А. И. Скрябина (1978), пробыность золота зависит от положения россыпи в долине; на одном из участков р. Малый Тарын в Якутии она составляет для притока 836—903, террас в 80—90 м — 891—897, в 50—60 м — 894—900, в 30 м — 895—907 и поймы — 894—911. При удалении от гранитоидного штока на расстояние до 2 км пробыность золота колеблется в пределах 876—900; 2,0—6,5 км — 901—925 и т. д.

Россыпные месторождения сопровождаются первичными ореолами рассеяния, размеры и геохимические особенности которых определяются наличием коренных месторождений либо повышенных концентраций рудных минералов и элементов, расстоянием от места их эрозии, характером гидродинамики потока, впадением притоков, геоморфологическим обликом долины и т. д. Соотношение россыпи и ее ореолов рассеяния может иметь постоянный и гнездовой характер.

При прослеживании продуктов россыпной деятельности рек необходимо опираться на прямые и косвенные индикаторы. Например, по данным В. А. Алексеенко, Г. В. Войткевича (1979), для циркон-ильменитовых россыпей Алтая и Западной Сибири прямыми индикаторами выступают Ti и Zr, а косвенными для первого региона — Cr, V, Ni, Sn, Co, Ag и второго — Cu, Zr, V, Mn, Cr, Ag, Ni.

Россыпные месторождения редких и рассеянных элементов, а также драгоценных камней, находясь в водоносных горизонтах, сопровождаются гидрогеохимическими ореолами, корреляционные связи химических элементов которых с россыпью могут быть использованы для поисковых целей. В. С. Бакшутев и Л. А. Шамаповский (1973) показали положительную корреляционную связь между наличием алмазов в аллювии и концентрациями Ni, Cr, Mg, Co в подземных водах, что обусловлено выветриванием специфической минеральной ассоциации, сопровождающей алмазы, и наличием взвешенных и коллоидных форм миграции указанных химических элементов. Особенности геохимической корреляции в речных долинах в связи с химическим и биогенным рудогенезом подробнее рассмотрены в гл. V.

Таким образом, аллювиальный рудогенез по своей природе сложен и разнообразен, процессы и условия размыва, переноса, накопления, перебива и погребения россыпьеобразующих минералов и их химических соединений в нем тесно взаимосвязаны и имеют характер корреляционных связей. Знание этих связей — ключ к открытию новых месторождений золота, платины, титана, редкоземельных и других химических элементов, алмазов, янтаря и других драгоценных и полудрагоценных камней.

## К ОЦЕНКЕ КРИТЕРИЕВ КОРРЕЛЯЦИИ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ В РЕЧНЫХ ДОЛИНАХ

Как видно из изложенного, в речной долине при корреляции аллювиальных фаций, горизонтов, свит и формаций, геоморфологических элементов и продуктов рудогенеза применяется широкий комплекс показателей — литологических, минералогических и геохимических, определяемых конкретными условиями долины и целями корреляции. Единых показателей в силу многообразия природных условий не может быть. Вместе с тем главными критериями геохимической корреляции аллювиальных отложений в речных долинах выступают геохимические фации со следующими типоморфными терригенными минералами, новообразованиями и химическими элементами: литогенная — грубообломочный материал определенного петрографического состава, кварц, полевые шпаты, тяжелые минералы,  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; сиаллитно-глинистая — глинистые минералы и органическое вещество различной степени разложения,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{C}_{\text{орг}}$  и его химические составляющие; биогенная — органическое вещество, вивианит, опал, карбонаты, гидрокислы железа,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ; сиаллитно-ферритная — гематит, лимонит, железисто-глинистые и железисто-кремнистые конкреции, оргштейны,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; сиаллитно-карбонатная — кальцит, доломит, сидерит, манганокальцит, глинисто-карбонатные стяжения,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  и т. д. Указанные геохимические фации находятся в тесной взаимосвязи с аллювиальными фациями, это облегчает корреляцию.

Корреляция аллювиальных свит строится на основе закономерностей и особенностей распределения типоморфных терригенных и гипергенных минералов и их химических элементов, отнесенных к литогенной (русловой) фации.

В корреляции аллювиальных формаций главными критериями выступают следующие типоморфные соединения — карбонаты, сульфиды, окислы титана, глинистые минералы, степень карбонатности и глинистости пород, тенденция повышения или понижения вверх по разрезу концентраций Ti, Zr, Ba, V,  $\text{C}_{\text{орг}}$ , соотношений гидролизатов и оксидатов, т. е. тех показателей, которые связаны с общей направленностью изменений палеогеографических и палеогеохимических условий (климата, гидрорежима, интенсивности механического и химического выветривания и т. д.) в ходе формирования и развития формации.

В прослеживании и корреляции в речной долине россыпей типоморфными показателями выступают соответствующие рудные минералы, их ведущие химические элементы и соединения, в меньшей мере — минералы-спутники, их элементы и ассоциации.

При корреляции аллювиальных отложений в речных долинах одним из главных приемов является учет закономерностей дифференциации вещества вниз по речной долине и вкост ее простираения. Учет других факторов определяется конкретными условиями геологического строения долины и ее водосборных пространств.

## КОРРЕЛЯЦИЯ ПРОЦЕССОВ И ИХ ПРОДУКТОВ В РЕЧНЫХ БАСЕЙНАХ И РАЗЛИЧНЫХ РЕГИОНАХ НА ОСНОВЕ ИЗУЧЕНИЯ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

В рассматриваемой корреляции центральными являются сопоставления продуктов аллювиального литогенеза речных долин, с одной стороны, и выветривания горных пород площадей речной эрозии — с другой, а также сопоставление речных, дельтовых и прибрежно-морских осадков, составляющих единую арену аллювиального сноса и седиментогенеза. При этом коррелируются процессы формирования минералого-геохимических особенностей речных отложений с характером процессов выветривания и эрозии на водоразделах, стадийностью вовлечения в речной перенос определенных ассоциаций химических элементов, процессы выветривания коренных месторождений и образования ореолов рассеяния. В постановочном плане обсуждаются также методы и приемы сопоставления аллювиальных отложений различных регионов и некоторые проблемы глобальной корреляции аллювия.

### КОРРЕЛЯЦИЯ ПРОДУКТОВ РЕЧНЫХ ДОЛИН И ПЛОЩАДЕЙ РЕЧНОЙ ЭРОЗИИ

При сопоставлении разновозрастных процессов и связанных с ними продуктов речных долин и водоразделов, имеющих различные литологические и фациальные условия, необходимо руководствоваться принципиальными схемами взаимоотношения отложений.

1. Соотношение продуктов бассейна эрозии и речной аккумуляции: продуктам размыва самых высоких базисов эрозии соответствуют наиболее древние аллювиальные отложения. Схема применима при корреляции отложений в пределах речной долины, ее бортов и водораздела.

2. Соотношение отложений бассейнового и террасового комплекса: соотношение продуктов бассейна эрозии и аккумуляции то же, что и в предыдущем случае. Схема используется наиболее часто в сопоставлениях: а) речных и конечно-бассейновых (морских и озерных) отложений; б) продуктов размыва различных террасовых уровней и их аллювиальных и конечно-бассейновых аккумуляций (рис. 19).

3. Соотношение покровного и террасового комплексов отложений: горизонты покровных пород по отношению к аллювиальным

террасовым осадкам смещены на один цикл (рис. 20). Схема обычно применяется для горных областей с развитием элювия, делювия и пролювия, а также для равнинных территорий с развитием делювия при тектонических подвижках и погребением отдельных террасовых уровней.

На основе закономерностей вещественного состава речных отложений могут быть скоррелированы продукты речных долин и площадей их водосборов.

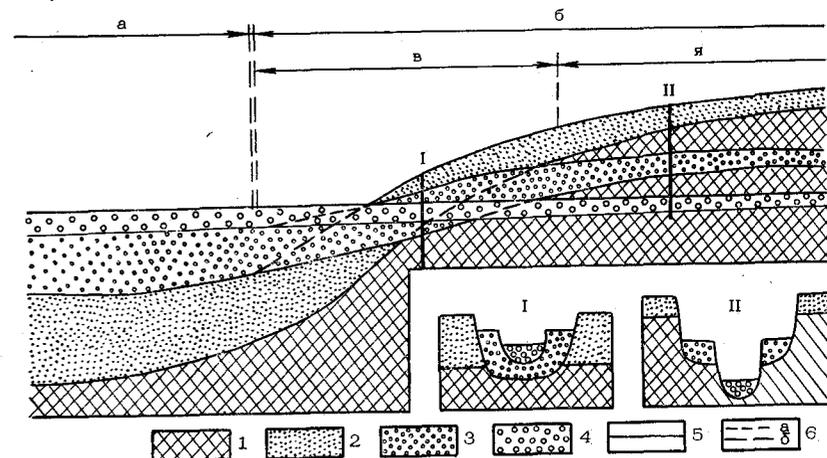


Рис. 19. Схема соотношения толщ в бассейновом (а) и террасовом (б) комплексах (Несмеянов, 1977): I, II — поперечные сечения долины; 1 — фундамент, 2—4 — разновозрастные осадочные толщ, 5 — уровень современного русла, 6 — корреляционные линии толщ; а—3, б—2 в пределах террасового комплекса; в — зона «вложения» разновозрастных толщ, я — зона развития ярусного рельефа

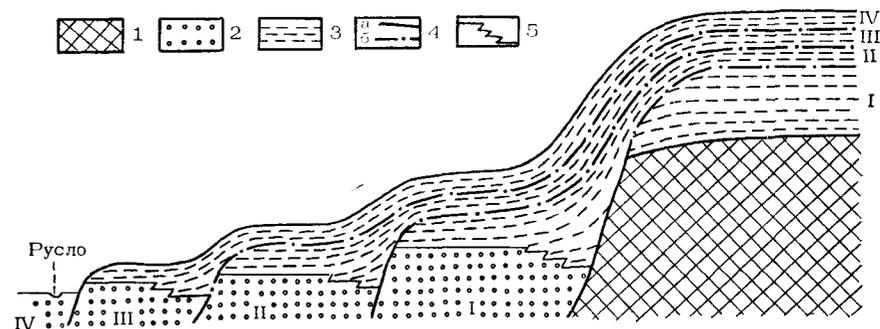


Рис. 20. Схема соотношения покровного и террасового комплексов равнинных областей (Несмеянов, 1977): I—IV — циклы формирования террасовых и покровных отложений; 1 — водораздел, 2 — террасовые отложения, 3 — покровные отложения, 4 — границы разновозрастных толщ; а — хорошо выраженные, б — плохо различимые, 5 — фациальное замещение террасовых и покровных толщ

## Состав аллювия и породы водосборов

Исследование петрографического и литологического состава галечного материала позволяет выяснить геологическое строение бассейна эрозии и состав слагающих его пород. В то же время сопоставление современного галечного материала и галек размываемых древних конгломератов позволяет в ряде случаев уточнять палеогеографические условия прошлого, в частности устойчивость древних водотоков во времени, отличать галечники многочисленных предгорных водотоков от галечников крупных рек, выяснять экспозиции склоновых смывов. По степени сохранности галек определенных литологических и петрографических типов и их изменениям вверх по разрезу можно судить о палеоклиматических обстановках и на этой основе решать вопросы стратиграфической и палеоклиматической корреляции (рис. 21). Весьма показательны различие и сходство состава пород водоразделов, террас и современного русла по данным гранулометрического, петрографического и минералогического состава (рис. 22).

При корреляции состава речных отложений и пород их водосборных пространств необходимо учитывать, во-первых, длину рек (чем длиннее река, тем больше в осадке транзитного материала); во-вторых, ширину долин (чем уже долина, тем больше влияние пород ее бортов); в-третьих, дифференциацию состава отложений вниз по долине в зависимости от инстративной, перстративной и констративной фаз аллювия и степени развития аллювиальных фаций. При изучении потоков рассеяния в речной сети Кафано-Каджаранского рудного района Армении были выделены участки долин, характеризующиеся различными величинами коэффициентов концентрации химических элементов, объединенные в три группы: I — 1) Mo (6—8), Cu (2,5—3,5), Co (2—2,5); 2) Mo (18), Cu (5), Co (1,5—2); 3) Mo (25—28), Cu (6), Co (1,5); 4) Mo (45—70), Cu (6—29), Co (2—5), Pb (1—2), Cr (2—4), V (2—4); II — 5) Mo (3—4), Cu (2,5), Co (2); 6) Mo (5—13), Cu (3—6), Co (1,5—2); 7) Cu (22), Mo (9), Co (2,5); 8) Cu (95), Mo (6), Zn, Co (2); III — 9) Cr (8), Mo (4), Co (3); 10) Cr (19—32), Mo (5—6), Cu (2—3), Co (3); 11) Cr (46), Mo (5), Cu (5), Co (3). Этим группам соответствуют определенные петрогенные и рудные ассоциации пород водоразделов, подвергающихся речной эрозии (Григорян, Радимова, 1976).

В. В. Поликарпочкин (1976) отмечает, что в ореолах рассеяния от полиметаллических месторождений, связанных с гранитоидами, фоновые концентрации меди составляют 0,01—0,02%, при этом повышен фон железа — 5—10%, в то время как от месторождений, связанных с вулканогенно-осадочными породами, фон меди — 0,001%, т. е. в 10—20 раз ниже. В потоках рассеяния от карбонатитов, связанных с кислыми породами, отмечаются Nb, P, Y, La, Ce, Cu, Zn, Pb, Mo, Ba, Sr, Mn; если карбонатиты связаны с ультраосновными образованиями, то в потоках рассеяния широко распространены Cr, Ni, Co, Ti, V.

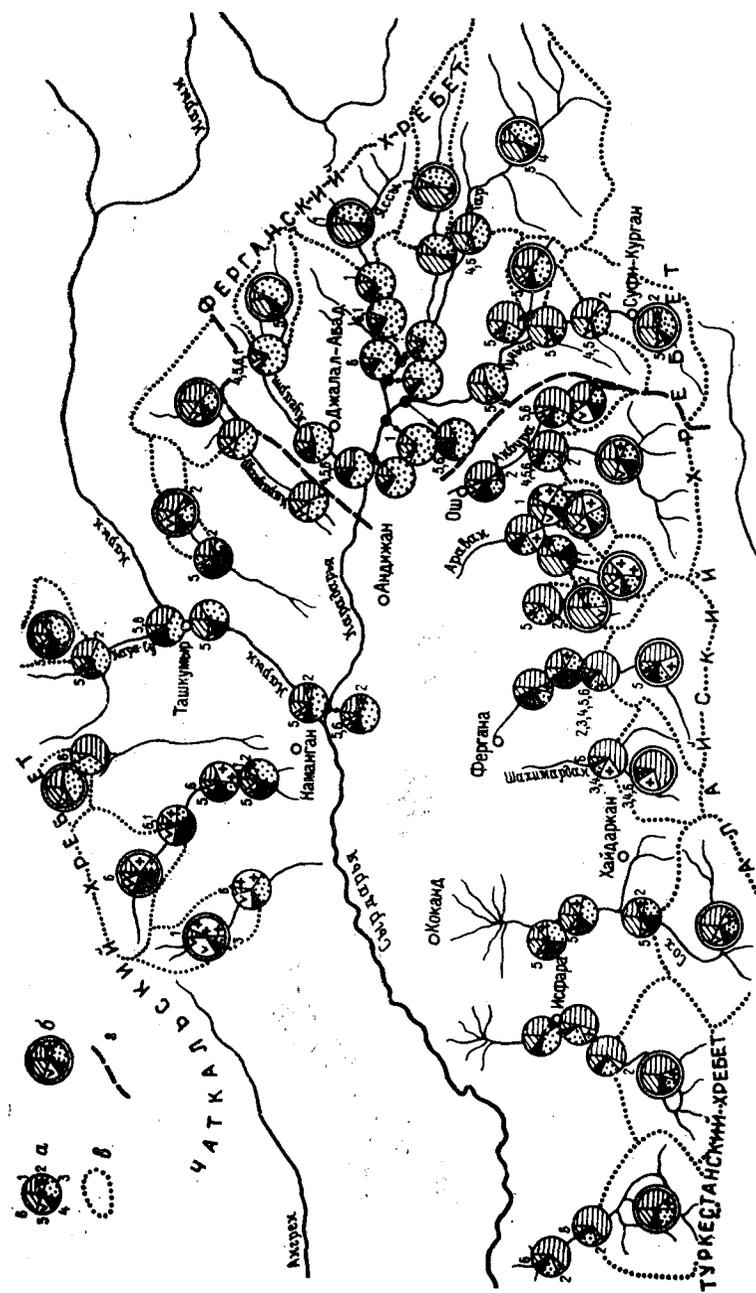


Рис. 21. Состав галек диаметром 3—4 см в современных русловых галечниках и средний петрографический состав пород водосборов рек Ферганской впадины (Верзилин, 1974): а — галечка, 1 — известняки и доломиты, 2 — интрузивные породы, 3 — песчаники и кварциты, 4 — метаморфические породы, 5 — эффузивные породы, 6 — сланцы; б — водосборные участки рек выше областей развития меловых и более молодых отложений, т. е. в пределах контуров (в); г — границы петрографических провинций. Цифры у циклограмм поставлены в случаях, когда значки в секторах нельзя было показать или они недостаточно четко видны

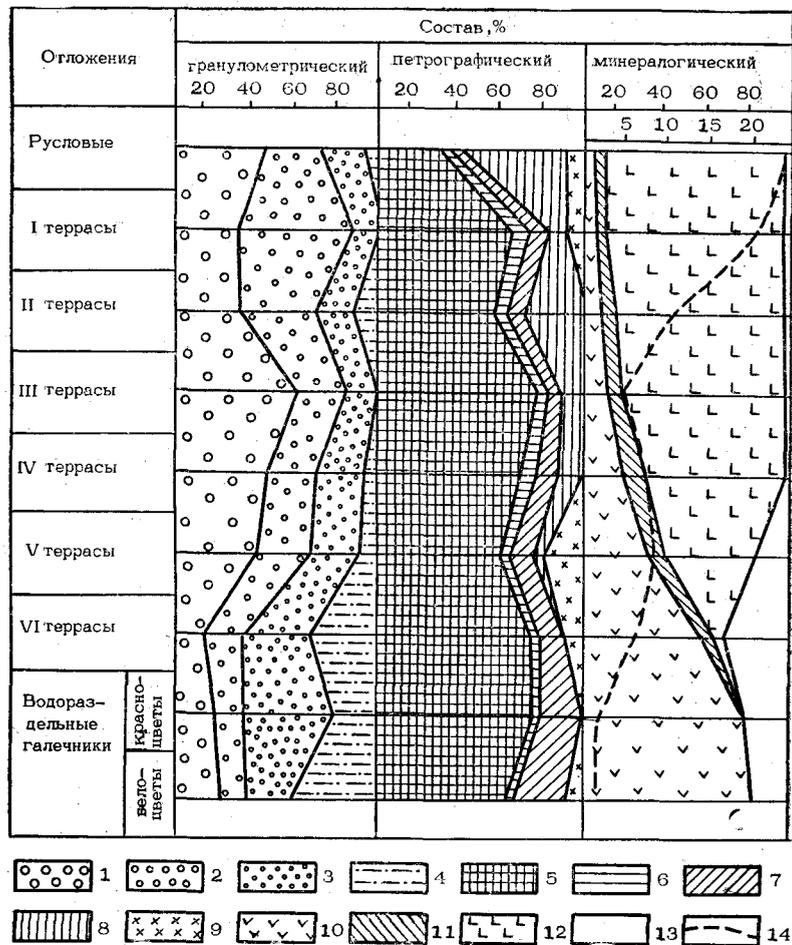


Рис. 22. Диаграмма сопоставления состава «водораздельных галечников» с составом русловых и террасовых отложений р. Мархи (Плотникова и др., 1960): 1 — галька, 2 — гравий, 3 — песок, 4 — алеврит и глина, 5 — кремний, 6 — кварциты, 7 — кварц, 8 — долериты, 9 — прочие породы (кислые эффузивы, песчаники и др.), 10 — ильменит, 11 — магнетит, 12 — пироксены, 13 — прочие минералы (гранат, лимонит, ставролит и др.), 14 — содержание тяжелой фракции в условных единицах

Б. Ф. Мицкевичем (1971) в илесто-глинистой фракции донных отложений Уборти, Ужа, Случи и других рек Украины, стекающих с Украинского кристаллического щита, были охарактеризованы различия в содержаниях микроэлементов (в  $n \cdot 10^{-3}\%$ ): Mn 10—60; Ni 0,8—1; Co 0,6—0,7; Ti 200—400; V 3—4; Cr 3—10; Zr 60—70; Cu 0,1—2,0; Zn 5—7; Sn 0,5—0,6; Be 0,1; Sr 30; Ba 10—30, соответствующие определенным площадям распространения пород различного петрографического состава.

В ассоциации тяжелых минералов немагнитной фракции речных песков и гравия повышенные концентрации Sn, Mo, W, Nb, Bi коррелируются с районами распространения гранитов и скарнов, а Co, Cr — основных пород (Boyle, Shafiqullah, 1968).

По содержанию во фракции —80 меш русловых осадков P, Be, Li, Cr, K, Sn уточнены площади распространения гранитов разных интрузивных фаз и температуры кристаллизации, по Ni и Cr — остатков эффузивной кровли на гранитных массивах, по Cr — районы распространения метаморфических зеленокаменных пород, сланцев и ультраосновных интрузий в Корнуэлле (Великобритания) (Mitchell, Migenyi, 1965; Lee, Olinze, 1965; Hosking e. a., 1963).

По концентрациям хрома в речных и дельтовых осадках Японии четко выделяются области распространения гранитов и ультраосновных пород: соответственно  $0,9 \cdot 10^{-3}$  и  $42 \cdot 10^{-3}\%$  Cr во фракции менее 0,075 мм;  $1,9 \cdot 10^{-3}$  и  $43,4 \cdot 10^{-3}\%$  Cr во фракции крупнее 0,3 мм (Shiraki, 1966).

Таблица 43

Ассоциации минералов в шлихах аллювия как показатели коренных пород и возможных промышленных минералов (Алексеев, Войткевич, 1979)

Минерал	Коренные породы	Промышленные минералы
Пирит, галенит, сфалерит, платина, шпинель, циркон, монацит, шеелит	Кварцевые жилы, метаморфические породы, конгломераты	Золото
Магнетит, ильменит, хромит, оливин, никотит, золото, циркон	Основные и ультраосновные породы или их измененные разновидности	Платина
Хромит, пироп, хромдиопсид, ильменит, перовскит, золото, платина, циркон, рутил и его полиморфные разновидности, реже топаз	Кимберлиты, ультраосновные породы, кристаллические сланцы, конгломераты	Алмаз
Топаз, турмалин, флюорит, пирит, арсеницит, сфалерит, молибденит, шеелит, вольфрамит	Граниты, пегматиты, грейзены, жилы	Касситерит
Касситерит, берилл, турмалин, сподумен, лепидолит, самарскит, рутил, реже циркон, вольфрамит	Граниты, пегматиты	Колумбит-танталит
Касситерит, шеелит, пирит, молибденит, галенит, топаз, турмалин, флюорит, колумбит-танталит	Граниты, пегматиты, кварцевые жилы и скарны	Вольфрамит
Турмалин, касситерит, топаз, молибденит, золото, халькопирит, везувиан, флюорит, гематит	Скарны, пегматитовые и кварцевые жилы	Шеелит
Рутил, турмалин, ставролит, ксенотим, кианит, золото, алмаз	Граниты, гнейсы, пегматиты, аплиты	Монацит
Турмалин, шпинель, аметист, топаз, берилл, андалузит, кианит, силлиманит, циркон, гематит	Граниты, гнейсы, кристаллические сланцы, известняки, доломиты	Корунд, рубин, сапфир

Сравнительная характеристика типов кварца аллювия

Параметр	Русловый аллювий		
	I тип КВ	II тип КВ	III тип КВ
Цвет	Голубовато-серый, реже молочно-белый	Белый, реже серый и желтый	Белый, реже серый
Блеск	Жирный	Жирный, стеклянный	Жирный
Прозрачность	Полупрозрачный, реже воднопрозрачный		
Степень давленности	Средняя и слабая	Различная	Слабая
Зернистость	Крупнозернистый	Крупно-, реже среднезернистый	Средне-, реже крупнозернистый
Температура гомогенизации, °С	360	300—320	250
Фазовый состав	Многофазовый, минерал-узник Двухфазовый, газовый объем 40%	Многофазовый, CO <sub>2</sub> жидк. Двухфазовый, газовый объем 25—40%	Двухфазовый, газовый объем 25%
Температура декрепитации, °С	300—350 и более	250—300	150 и менее
Микроэлементы	Mo, Cu, Pb, Ba, As, Ag	Zn, Mo, Ba, Pb, As	Cu, Zn, Sn
Углистое вещество, Сорг в %	Много, рассеянное и в прожилках 0,24	Тонкорассеянное 0,37—1,99	Редкое, рассеянная вкрапленность 0,24

Высокие содержания в осадках рек К, низкие Cu и Ni указывают на области распространения гранитов, а повышенные концентрации Zn, Cu и Ni — на осадочные породы серии Кульма. При этом в областях размыва осадочных пород положительные корреляции As и Pb отмечались около мест эрозии зон минерализации, а Ba и Pb — близ районов размыва жил с Ba, Zn, Pb (Merefield, 1974).

Дж. Вебб с коллегами (Webb, Nichol, Thornton, 1965) использовали концентрации Cu в речных осадках для оконтуривания районов распространения норитов, гранитов, гнейсов, песков, песчаников, кремнистых и известковых пород различных горизонтов формации Намвала в Замбии. Они показали, что содержания металлов в русловых осадках точнее, чем в речных водах и пойменных почвах, отражают состав слагающих пород. В ряде районов Сьерра-Монна лишь по содержанию в речных осадках Sr возможно обнаружение хромитов, а в Англии по As — олово-меденосных жил.

По наблюдениям Г. Новлана (Nowlan, 1976), марганцево-железистые конкреции донных отложений рек по средним концентрациям Ba, Cd, Co, Ni, Ti, Zn, Cu, Mo, Pb, Sr отражают горные породы,

и коренных кварцевых жил (Захарова и др., 1978)

Параметр	Коренные жилы		Кварц второй группы
	I тип КВ	II тип КВ	
Цвет	Голубовато-желтовато-серый	Молочно-белый, полумолочный	Голубовато-серый, серовато-белый, полумолочный
Блеск	Шелковистый, матовый, жирный	Жирный, реже стеклянный	Жирный, стеклянный, матовый
Прозрачность	Прозрачный		Прозрачный, мутный
Степень давленности	Средняя, иногда сильная	Средняя и слабая	Сильная и средняя
Зернистость	Средне-, реже крупнозернистый	Средне-, крупнозернистый	Крупно-, среднезернистый
Температура гомогенизации, °С	—	—	—
Фазовый состав	Трехфазовый, минерал-узник Двухфазовый, газовый объем 40%	Многофазовый, CO <sub>2</sub> жидк. галит Двухфазовый, газовый объем до 30%, галит, сильвин	Многофазовый, CO <sub>2</sub> жидк., сильвин, галит
Температура декрепитации, °С	360—380	220—300	300—380
Микроэлементы	Cu, Pb, Zn, As, Ag, Mo, Ba, B	Cu, Pb, Zn, As, Ag	As, Ag, Bi, Mo, Ba, Pb, Zn, Cu
Углистое вещество, Сорг в %	Рассеянная вкрапленность, иногда прожилки	Тонкорассеянное, иногда каплевидные выделения	Тонкие прожилки, рассеянная вкрапленность, гнезда 0,06 — 0,08 до 0,18

выветривающиеся на водоразделах, а их повышенные величины коррелируются с местами размыва рудных месторождений.

На ряде рек Канады по данным изучения региональных тенденций распределения (тренды) Mo, Cu и Zn и соотношений этих металлов, по высоким концентрациям молибдена и цинка в речных осадках уточнены площади распространения на водоразделах различных интрузивных комплексов, а по максимальным концентрациям меди и низким молибдена и цинка — вулканитов определенных этапов образования (Wallis e. a., 1978).

Весьма интересны с точки зрения корреляции состава аллювия и пород водоразделов, сложенных габбро-диорит-диабазовой и габбро-плагиогранитной формациями, детальные исследования кварца — основного минерала речных отложений (табл. 44). По составу кварца из аллювия можно судить о температурных и геохимических особенностях жильного комплекса пород, их возможной золотоносности, приуроченной к золотокварцевой рудной формации, что связывается с I и II типами кварца. Характерна аналогия данных декрепитации кварца аллювия и рудоносных жил (рис. 23).

В Енисейском кряже установлено, что золотоносные кварцы содержат обычно повышенные концентрации Iг — 192; Ва — 131; Те — 121; Sb — 124; Fe — 59; Со — 60, в «пустом» кварце — более высокие содержания Sc — 46 (Бочкарев и др., 1975).

Аллювиальный литогенез, происходящий за счет размыва ледниковых отложений, имеет ряд особенностей геохимической дифференциации элементов, обусловленных типом аллювия, фациальными и палеогеографическими обстановками, составом морен питающих

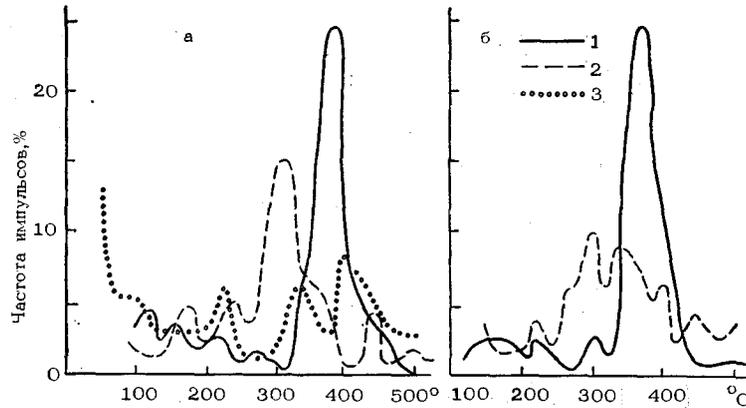


Рис. 23. Кривые декрепитации кварца легких шлифов руслового аллювия (а) и коренных рудоносных жил (б); 1—3 — типы кварца. См. табл. 44 (Захарова и др., 1978)

ших провинций. Степень уменьшения концентрации элементов при переходе от моренных к аллювиальным отложениям характеризуется для Ti, Cr, Ca, Mg высокими и резкими величинами; Ni, Cr, V, Al — от высоких до малых; Fe, Mn — малыми; Cu — незначительными. Геохимические диаграммы распределения содержаний микроэлементов в обоих типах пород с учетом возраста и геологических структур имеют закономерный характер и отражают связи аллювия с ледниковыми источниками питания. Диаграммы распределений величин геохимических коэффициентов более четко подчеркивают генетические связи аллювия и морен, что важно для возрастной и пространственной корреляции горизонтов аллювия и морен, процессов седиментогенеза и палеогеографических реконструкций антропогена (Кузнецов, Шиманович, 1980).

Корреляция и разделение сходных по литологии осадочных пород речных долин и водоразделов представляет собой в ряде случаев особенно трудную задачу. В последние годы сделан ряд удачных решений. Так, при разделении песчаных отложений различного генезиса используются максимальные размеры тяжелых минералов — граната, ильменита, циркона, сфена, эпидота, магнетита и касситерита. Показано, что их спектры характеризуются непрерывностью для осадков волновой активности (морские пляжевые отложения) в пределах 0,07—0,67 мм, в зоне руслового переноса (ал-

Основные минералы тяжелых фракций 0,25 — 0,1 мм антропогенной толщи Белорусского Понеманья (Дромашко и др., 1976), %

Минерал	Тип песков			
	fgl	gl-al	lgl	al
Циркон	1,2	0,7	1,1	1,1
Турмалин	2,0	0,7	1,9	1,9
Рутил	0,3	0,1	0,4	0,3
Эпидоты	5,1	1,9	5,9	4,5
Гранаты	23,5	15,4	19,0	24,6
Амфиболы	24,7	15,2	35,0	24,5
Метаморфические	3,0	1,4	1,8	2,1
Пироксены	3,0	1,4	2,6	1,7
Слюды	2,6	3,4	21,5	0,5
Ильменит	11,6	7,4	7,5	14,4
Лейкоксен	3,1	—	3,6	1,4
Гидроокислы железа	4,5	2,3	7,5	6,3
Доломит	2,0	—	3,6	—
Пирит	1,8	12,6	2,2	2,5

лювиальные) — 0,04—1,5 и в зоне склонового перемещения (делювиальные отложения) — прерывистостью 0,01—1,38 мм. Данные используются для реконструкций и корреляции (Сурков, 1978).

Особенности динамики водной среды флювио-, гляцио- и речных потоков, а также бассейнов озерного типа обуславливают некоторые различия дифференциации песчаного материала по размеру частиц, плотности и физическим свойствам минералов, что учитывается при прослеживании песчаных горизонтов различного генезиса. Так, в ассоциациях тяжелых минералов (табл. 45) флювиогляциальные пески выделяются высокими концентрациями циркона, турмалина, метаморфических минералов и минимальными пирита; аллювиальные — максимальными ильменита и повышенными циркона, турмалина; озерные — максимальными концентрациями слюд, лейкоксена, эпидота и т. д. Для разделения песчаных толщ по генезису используются также и геохимические показатели.

Был исследован характер связей между химическими элементами сходных по литологии, но различных по генезису песчаных пород долин Урала. Оказалось, что для элювиально-делювиальных отложений характерны связи Ва с Со, Mn, Sr, Zn, Cr; Cu с Ni, V; Be с Cr, а для аллювия — Ni и Ti; Ga и Ba; Zr и Co; Zr и Sc; Ni и Co, что было положено в основу сопоставления указанных пород (Ибламинов, Кропачев, 1976).

В песчаных отложениях погребенных ложбин ледникового размыва и выпихивания бассейна Палео-Немана С. Г. Дромашко и др. (1976) отмечают приуроченность максимальных содержаний Ni и Cu к флювиогляциальным и гляциоаллювиальным отложениям, относительно повышенные концентрации Ti, Mn у озерно-ледниковых отложений. Указывается, что суммарные содержания микроэлементов в более молодых осадках водного генезиса увеличива-

ются прежде всего за счет роста концентраций Mn, V, Ti, что может учитываться при уточнении возрастного положения горизонта в разрезах.

Для территории Прибалтики и Северной Белоруссии А. А. Юргайтис (1981) отмечает следующие литологические и геохимические критерии разделения и корреляции аллювиальных и флювиогляциальных песков и песчано-гравийного материала: 1) по отношению к флювиогляциальным пескам аллювиальные характеризуются большей выдержанностью гранулометрического спектра (коэффициент вариации обломков размерности 40—0,63 мм составляет 20—30%), аллювиальные пески мельче и лучше сортированы; 2) в аллювии обломков кристаллических пород на 2—5% больше, чем в приледниковых флювиогляциальных, и на 5—10% больше, чем в маргинальных флювиогляциальных отложениях; 3) в аллювии по отношению к флювиогляциальным отложениям на 5—10% больше кварца, в 2 раза меньше карбонатов, на 4—5% больше гранатов, на 3—5% меньше амфиболов и 2—4% лимонита; 4) в аллювиальных отложениях больше SiO<sub>2</sub>, чем во флювиогляциальных песках (соответственно 85,0 и 76,3%), меньше CO<sub>2</sub> (2,4 и 5,1%); 5) закономерности распределения Cr, Ti, V, Ni; 6) положение аллювия в ряду дифференциации песков: камы—озы—флювиодельты—зандры—краевые флювиогляциальные гряды—аллювиальные—флювиогляциальные террасы. А. А. Юргайтис предлагает применять методы корреляционного анализа для рассматриваемой цели, а также построение специальных дендрограмм распространения обломков различных размерных фракций и их характеристик.

По соотношению пар микроэлементов разделяются и коррелируются песчаные осадки — озерные, флювиогляциальные и гляциоаллювиальные, имеющие сложные взаимоотношения в антропогенных погребенных ложбинах ледниковой экзарации и речной аккумуляции (Горецкий и др., 1978).

#### **Состав речных отложений и металлогенетические особенности горных пород водосборных территорий**

Изучение состава отдельных минералов речных осадков может помочь не только при определении металлогении интрузивных массивов, развитых на водоразделах, восстановлении температур их рудообразования, установлению глубины эрозии плутонов, но и корреляции определенных горизонтов аллювия с этапами разрушения и сноса материала массивов.

Так, магнетиты в речных осадках с отношениями Fe<sup>2+</sup> : Mg<sup>2+</sup> (2,4—13,1) : (4,9—5,6) указывают на близкоповерхностные, а с (5,6—6,8) : (1,2—2,4) — на глубинные гидротермальные руды. Этот минерал из внутриинтрузивной рудной залежи обогащен обычно Ti, Mn, Cr, V, а вдали от контакта обеднен ими. Монациты с повышенными концентрациями Nd, Sm, Cd и пониженными La и Ce свидетельствуют о размыве слабо дифференцированных пегматитов; кон-

центрации ThO 0,2% здесь свойственны низкотемпературным, 1,4—средне- и 3,4% — высокотемпературным жилам.

В полевых штапах величины содержаний Be, Ga, Pb, Zn, Rb отношений K : Na, K : Rb являются показателями генетических и петрографических типов изверженных пород водоразделов и их металлогенетической специализации.

Метасоматически измененные рудоносные граниты устанавливаются по коэффициентам Mg : Li, K : Rb, (FeO + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) : MgO, FeO : Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Последние два коэффициента, например, соответственно для гранитов и метасоматических измененных их разностей, а также гранитов, несущих редкометальное оруденение, составляют 60—188 и 4,8—59; 73 — 304 и 34—58; 2,5—10 и 13,5—22 (Металида, 1974).

Пробность золота в речной сети, как известно, указывает на тип коренной рудной минерализации на водосборах. Так, по данным А. И. Скрябина (1978), наблюдается следующая корреляция между этими проявлениями: золото-вольфрамитовому типу рудопроявлений соответствует самородное золото с пробностью в среднем 650—680, золото-шелит-арсенопиритовому — 839—889, золото-арсенопирит-пиритовому — 885—921, золото-сульфо-антимонитовому — 928—973, золото-антимонитовому типу — пробность 950—995.

#### **СОСТАВ АЛЛЮВИЯ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ НА ВОДРАЗДЕЛАХ**

##### **Аллювий и процессы выветривания**

Различные горизонты единой аллювиальной формации в своем составе отражают определенные этапы формирования и размыва коры выветривания водосборных площадей, различные уровни эрозии пород, подвергающихся выветриванию. В силу этого по геохимическим особенностям аллювия могут быть реконструированы геохимические черты развития коры выветривания.

В. Н. Дублянский, Ю. А. Полканов (1974) изучали отложения рек карстовых областей Крыма. В Мисхорской пещере при послонном изучении речных осадков выявились два горизонта, обогащенных рутилом и цирконом и сопровождающимися их анатазом, лейкоксеном, силлиманитом, что позволило исследователям сделать вывод об изменениях в гидрологическом режиме подземной реки и кратковременном вовлечении в ее водосбор пирокластических пород водораздела в позднем плиоцене — антропогене.

А. Н. Кондаков (1966) исследовал юрские отложения Канско-Ачинского бассейна, сформированные в условиях древних речных долин и представленные осадками фаций — русловой, пойменной, старичной, болотно-озерных водоемов поймы (табл. 46). Верхняя, надитатская пачка отложений обогащена K, Na, Fe и Mn, а нижняя, итатская свита — Mo, V, Pb, Zn, Cu. В указанных свитах аллювия установлен ряд химических элементов: Pb (0,30), Zn (0,48), Cu (0,66), K (0,70), V (0,75), Ca (1,20), Fe (1,28), Na (1,35), Mg (1,37),

Среднее содержание химических элементов в юрских аллювиальных и Назаровской мульд Канско-Ачинского бассейна

Возраст	Литологический тип отложений	Mg	Ca	Fe	K	Na	Mn	Zn	Ba
Надитатская пачка	Песчаники и пески	0,9	1,1	3,3	1,7	0,7	24	10	10
	Аргиллиты и глины	1,1	1,5	3,4	1,2	0,3	35	7	13
Итатская свита	Песчаники и пески	0,9	1,4	2,7	1,5	0,6	18	7	11
	Аргиллиты и глины	0,8	0,9	2,2	1,7	0,2	22	10	10

Примечание. Содержания Mg, Ca, Fe, K, Na в %, остальных элемен-

Ba (1,50), Sr (1,68), Mo (1,69) — цифры обозначают величину коэффициента активной миграции элементов, соответствующую отношению их концентраций в песчаных и глинистых осадках. Анализируя ряд этих элементов, А. Н. Кондаков приходит к выводу, что породы в целом обогащены щелочными и основными металлами, обеднены свинцом, цинком, медью и, следовательно, характеризуют щелочную стадию кор выветривания на водоразделе. Угленосные отложения юры, отражающие кислые условия кор выветривания, были благоприятны, наоборот, для миграции Pb, Zn, Cu, Mo, V. При подобной корреляции аллювия и процессов на водоразделах рекомендуется избегать опробования образований зон инфильтрационного окисления пород. Показатели указанных рядов были использованы для стратиграфической корреляции отложений. Элементами-коррелянтами рекомендованы Ca, Na, Fe, Sr, Mo, Zn, Cu и V.

Рост отношений  $Al_2O_3 : Na_2O$  и  $K_2O : Na_2O$  или интенсивностей отражений (001) : (002) гидрослюд в речных глинах показывает на усиление химического выветривания на площади речного водосбора. На характер кор выветривания рудных месторождений (зоны окисления, степень промытости пород и т. д.) указывают аутигенные минералы и ассоциации редких и рассеянных элементов в гипергенных кальцитах, гипсах, хризоколле, смитсоните, церуссите, лимоните и других минералах, встречаемых в речных осадках.

По концентрациям Si, Al, Fe, Na, K, Mg, Mn, P, Co, Cu, Zn, Ba во фракции менее 10 мкм четвертичных аллювиальных отложений рек Эндр и Вьенна во Франции показана корреляционная связь речных осадков с определенными процессами выветривания на водоразделах (каолинизацией, окислением, выщелачиванием и деградацией), при этом с увеличением степени проявления этих процессов уменьшается качественный и количественный состав ассоциации этих элементов (Mascare, Perruchot, 1979).

Величины отношения  $(Ti \cdot Zr) : (Cu \cdot Mn)$  отражают степень выветривания на водоразделах, стадии кор выветривания, характер вовлечения в речной перенос определенных групп химических элементов (гидролизатов, оксидатов и т. д.).

Таблица 46  
отложения Березовской  
(Кондаков, 1966)

Sr	V	Cu	Pb	Mo
5,1	9,7	3,4	2,9	Не обн.
5,0	7,5	2,8	0,9	0,1
3,1	10,2	2,5	1,6	0,2
1,8	10,5	3,1	1,7	0,1

тов —  $n \cdot 10^{-3}$  %.

Роль состава аллювиальных отложений как показателя характера выветривания на водоразделах исследователями оценивается по-разному: одни считают, что все геохимические особенности речных осадков, не только терригенной составляющей, закладываются на водоразделе и отражают их, другие большое внимание уделяют сорбции, окислению и другим процессам, происходящим при речном переносе материала. Представляется, что необходимо разработать более детально те геохимические показатели аутигенного минералообразования, которые могли бы точнее разделять эти стадии.

Необходимо подчеркнуть, что местонахождение повышенных концентраций химических элементов в аллювии и аллювиальных россыпей по отношению к коренным источникам свидетельствует о характере процессов на водоразделах. Как отмечает Н. М. Великий (1976), россыпи титана, удаленные на несколько километров от коренных месторождений, свидетельствуют о господстве физического выветривания, а расположенные в нескольких десятках километров — о химическом выветривании.

#### Корреляция аллювия и конусов выносов

Для разделения и корреляции осадков аллювия и конусов выносов используются литологические признаки. По В. Е. Елисееву (1978), осадки сухих дельт хорошо сортированы, их обломки окатанные, дифференциация материала по гранулометрическим особенностям совершенная и прослеживается на больших расстояниях. В конусах выносов осадки неотсортированные, обломки слабоокатанные либо неокатанные; дифференциация материала по размерам обломков несовершенная и наблюдается на небольших расстояниях.

В предгорных областях отложения грязевых потоков отличаются от русловых величинами соотношений максимальных и медианных размеров частиц, а в ряде случаев по этому показателю четко различимы осадки разветвленной сети потоков и промежуточных разностей между указанными типами отложений (рис. 24).

Б. Блук (Bluck, 1967) на основе изучения структуры и текстуры осадков и закономерностей распространения обломочных частиц разной размерности выделил 4 типа отложений конусов выносов — грязевых и водных потоков, разветвленных потоков и пойменных рек, связанных с серией Олд ред сандстон (Шотландия) каменноугольного возраста. Ранее им (Bluck, 1965) на примере триасовых конгломератов Южного Уэльса показано отложение конусов выносов во влажные и сухие периоды.

Делаются попытки разделения условий формирования отложений конусов выносов рек и грязевых потоков горных областей по

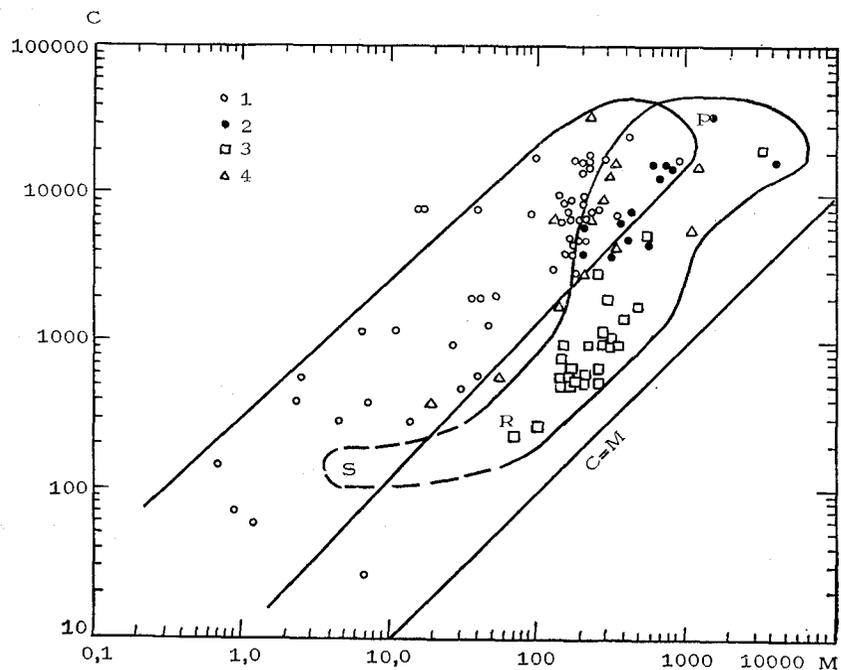


Рис. 24. Распределение максимальных (С) и медианных (М) размеров частиц (в мкм) покровных отложений конуса выноса (Булл, 1974). Отложения: 1 — грязевого потока, 2 — русловые, 3 — разветвленной сети потоков, 4 — промежуточные между грязекаменными и водными

геохимическим данным. Так, Л. Кукал (Kukal, 1971) показал, что кембрийским песчаникам Беррандиева в Чехословакии свойственны повышенные по отношению к кларкам концентрации  $Fe_2O_3$ ,  $K_2O$  и пониженные — карбонатов. Содержания  $Al_2O_3$  и величины отношений  $Al_2O_3 : Na_2O$ , отражающие степень выветривания пород в горных областях, у песчаников речных и грязевых потоков были различны.

### Аллювий и эрозионные срезы на водоразделах

В. Деннен (Dennen, 1967) по содержаниям Al, Ca, Fe, Li и Ti в терригенных кварцах установил корреляционную зависимость между накоплением речных осадков конгломератового горизонта верхнего девона и размывом пород роговообманковой фазы гранитного массива, а также отложением верхнепесчаного горизонта и размывом гранитов биотитовой фазы этого же массива, определил величину эрозионного среза.

По пробыности и крупности золота в речных россыпях часто можно судить о степени денудационного среза, уточнять геоморфологические особенности погребенных долин (Григорьев и др., 1979).

Для суждения об уровне эрозионного среза и вертикальной зо-

нальности коренных рудных месторождений по аллювию используются величины коэффициента  $(Ag \cdot Pb \cdot Zn) : (Mo \cdot Sn \cdot W)$  для золото-серебряных и оловорудных месторождений. Для первых месторождений этот показатель на рудном и верхнерудном уровнях больше и равен  $n \cdot 10^{-3}$ , на нижнерудном — меньше и равен  $n \cdot 10^2$ ; для вторых данный показатель составляет на верхнерудном уровне  $n \cdot 10^3$ — $n \cdot 10^6$ . Величины рассматриваемого коэффициента, получаемые для первичных и вторичных ореолов, коррелируются с данными по аллювиальным потокам рассеяния (Хорин, 1979).

### КОРРЕЛЯЦИЯ ПРОДУКТОВ РЕЧНОГО, ДЕЛЬТОВОГО И ПРИБРЕЖНО-МОРСКОГО ЛИТОГЕНЕЗА

Корреляция процессов и продуктов литогенеза в низовьях речной долины и области дельты имеет сложный характер, обусловленный сnivelированностью рельефа, преимущественным отложением тонкопесчаного и алевритового материала, широким развитием проток, стариц и озерных водоемов, слабой динамикой речных потоков. Эта зона характеризуется наложением морских приливов, отливов и нагонов вод, влияющих на осадконакопление и создающих особый гидрохимический режим вод и условия геохимических процессов литогенеза, на развитие своеобразного сочетания различных типов фауны и флоры. Для горизонтов отложений этой области, находящихся в погребенном состоянии, корреляция имеет свою специфику.

### Корреляция долинного и дельтового аллювия

Прежде всего при прослеживании собственно аллювиальных отложений приходится опираться на ряд особенностей строения разрезов и литологии слагающих их пород: 1) текстурных — наличие косой, мульдовой слоистости, знаков ряби, линейности течения; 2) обломочных частиц — гладкая поверхность зерен у речных песков, изометричность одинаковых по размеру галек русла и диско-видность галек пляжа и дельт, параллельность длинных осей обломков направлению потока; 3) разреза — закономерное распределение обломочных частиц по размерам в зависимости от способа их переноса путем сальтации или волочения, во взвеси, изменение вверх по разрезу текстур — от плохо выраженной слоистости, гигантских знаков ряби и косой слоистости к горизонтальной, мелкой косоволнистой слоистости, а также уменьшение размерности зерен; 4) регрессивного характера осадков на отмелевом берегу. Мощности речных отложений обычно равны средней максимальной глубине паводковых вод, а ширина аллювиальных отложений в долине до 20 раз превышает ширину речного потока. Из минералогической специфики аллювиальных отложений в этой зоне обычно отмечаются отсутствие глауконита, малые содержания хлорита и сидерита, пониженные концентрации иллита (Вишер, 1974).

В дельтовой области особые трудности представляет прослежи-

Таблица 47

## Критерии разграничения пойменных и русловых надводнодельтовых фаций (Попов и др., 1956)

Критерий	Осадки	
	русловые	пойменные
Состав	Наиболее грубый — песчаный, песчано-алевритовый, иногда с обломками глины	Средней крупности — чаще алевритовый или песчано-алевритовый с прослоями глинисто-алевритового, нет обломков глины
Мощность	Общая — в 2—3 раза больше пойменных, отдельных слоев — дециметры и первые метры	Общая — в 2—3 раза меньше русловых, отдельных слоев — сантиметры и метры
Сортировка	Совершенная на стрежени, отсутствует на некоторых косах	Рассортированность по слоечкам обычно резко выраженная, иногда отсутствует
Слойчатость	Часто преобладают неслойчатые, но всегда с участками косослойчатых, флексурно-слойчатых, иногда параллельно-слойчатых	Всегда слойчатые — горизонтальная, облекающая [или струйчатая косая
Цвет	Однородный, без пятен, иногда слегка полосчатый. Пятна только в окраинных и приморских русловых осадках	Неоднородный, полосчатый и пятнистый (пятен нет только в сухой пойме)
Засоление	Отсутствует	Обычно имеется, особенно в аридном климате

вание русловой и пойменных фаций. Оно осуществляется по ряду литологических и минералогических признаков (табл. 47). Так, Г. Вишером показано, что каолинит связан с пресноводными, а иллит и хлорит — с морскими песчаниками. Это дало возможность отнести нефтепроявления к аллювиальным отложениям (рис. 25).

В геохимической корреляции отложений дельт важное значение имеет выяснение закономерностей распределения химических элементов с учетом ритмичности процессов, характерной для этой области и обусловленной, во-первых, ритмичностью седиментогенеза (смена русловых, пойменных, озерных и болотных фаций), во-вторых, ритмичностью трансгрессий и регрессий моря (смена пресных, солоноватых и соленых обстановок), в-третьих, ритмикой почвенно-диагенетических преобразований (смена аквальных и субаквальных фаз).

Весьма важными для понимания геохимических процессов в наземной дельте являются исследования И. А. Ключановой (1971), раскрывшие закономерность миграции и аккумуляции Si, Al, Fe, Ca, Mg, K, Na во взвешенных наносах, новейших аллювиальных отложениях и обсохших речных осадках, их поведения в составе

отдельных гранулометрических фракций и поглощенном комплексе, закономерности распространения гумуса и карбонатов.

Химический состав дельтовых отложений одного литологического облика в целом очень близок (табл. 48). Однако в алевритовых осадках пойм отмечается снижение концентраций  $\text{SiO}_2$ , увеличение Fe,  $\text{MnO}_2$ , MgO. В вытяжках алевритовых отложений дельты, например, Амударьи содержится соответственно в русловых и пойменных фациях (в %):  $\text{HCO}_3$  0,05—0,08 и 0,05—0,09; Cl 0,04—

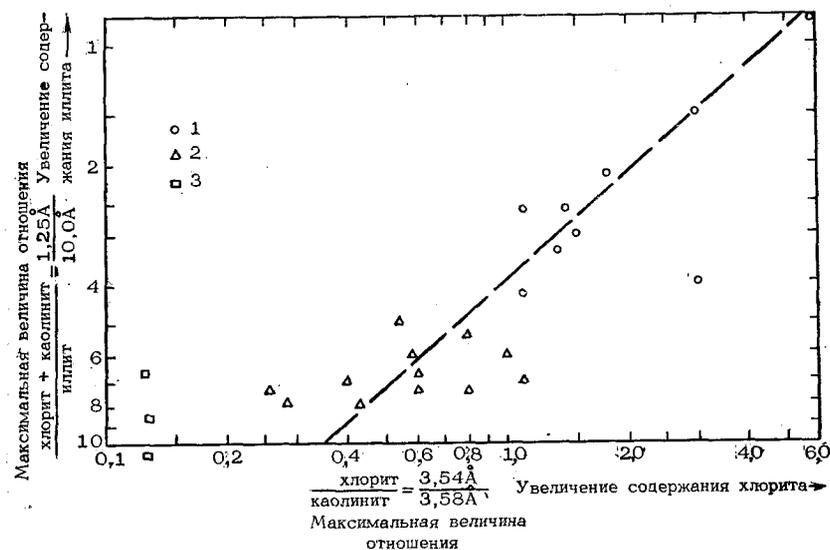


Рис. 25. Минеральный состав аллювиальных и дельтовых песчаников формации Блуджакет-Бартлесвилл (Вишер, 1974). Отложения: 1 — морские, 2 — аллювиальные, 3 — нефтенасыщенные

0,14 и 0,03—0,35;  $\text{SO}_4^{2-}$  0,1—1 и 0,01—5,0, при этом первые осадки имеют тенденцию к минеральным концентрациям и меньшим их вариациям. Данные химического анализа согласуются в целом с минералогическими и гранулометрическими характеристиками отложений дельты, где различные фации выделяются положением фигуративных точек и обособлением полей (рис. 26, 27).

Для прослеживания горизонтов в прибрежных условиях могут быть использованы материалы распределения микроэлементов, что наглядно видно на примере каменноугольных отложений Донбасса (рис. 28).

При выделении и прослеживании речных долин в их низовьях можно опираться на данные изучения погребенных почв и их литолого-геохимические особенности. Так, А. П. Феофилова (1977) на основе палеопедологических исследований карбоновых отложений Донбасса выделила следующие зоны ландшафтов приморской аллювиальной равнины и их индикаторные признаки (рис. 29):

I. Почвы приустьевой части речных долин, между речными про-

Химический состав современных алевритовых отложений надводной дельты Аму.

Фация	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO
Русловая	52,50—	1,65—	1,67—	0,44—	0,06—	0,14—	11,19—	10,90—
	57,20	2,35	2,32	0,50	0,07	0,16	14,52	11,00
Пойменная	46,28—	2,13—	2,10—	0,45—	0,05—	0,11—	9,63—	9,60—
	57,75	2,95	2,85	0,60	0,10	0,18	14,74	11,20
Болотная	44,10	2,44	2,56	0,43	0,04	0,17	16,72	12,60
Озерная	54,16	2,32	2,08	0,52	0,12	0,15	10,61	11,00

токами, вблизи морского побережья: горизонт А — темно-серый (135 см мощности), Б — серый (30 см), слоистые, с карбонатами в рассеянной форме и представленные сидеритами, среди глинистых минералов — гидрослюда, каолинит, смешаннослоистая фаза отсутствует.

II. Почвы в пределах расчлененной речной долины на удалении от береговой линии: горизонт А — буроватый (50 см), Б — с зеленоватым оттенком. В первом горизонте отмечаются гелевые образования вокруг сферолитов сидерита, во втором — в виде натечных включений, карбонаты в форме сферолитов сидерита и корневидных макроконкреций, грунты каолинизированы; наблюдается вынос железа, щелочных и щелочно-земельных элементов из горизонта А.

III. Почвы в пределах нерасчлененной речной долины и вдали от морского побережья: растительные остатки гумифицированы, колломорфная глина редка, карбонаты в виде макроконкреций; вверх по разрезу увеличивается содержание смешаннослоистых минералов, уменьшается концентрация гидрослюда; наблюдается интенсивный вынос железа и слабый щелочей.

IV. Почвы водоразделов: темно-серые, слабо дифференцированные, карбонатов в виде конкреций нет, повышено содержание S<sub>пир.</sub> среди глинистых минералов преобладает каолинит.

По содержаниям C<sub>орг.</sub>, FeO, CaO, MgO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в древних почвах идентифицируются аккумулятивно-элювиальный горизонт А и аллювиальный Б.

Анализ почв нижнего и верхнего каменноугольного возраста позволил уточнить строение речных долин, климатические обстановки формирования отдельных горизонтов, охарактеризовать черты геохимии педогенеза, связанные с процессами глеевой каолинизации, гидроморфизмом и новоминералообразованием.

При выделении и прослеживании аллювиальных, дельтовых (низинных) и бассейновых (подводных) горизонтов и фаций используются петрографические и литологические особенности пород (табл. 49).

Устьевые области отличаются от прилегающих морских интенсивным накоплением терригенных отложений и характеризуются

Таблица 48  
дарьи (Попов и др., 1955), %

MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>
2,06—	1,82—	0,80—	Сл.—0,30
2,39	3,65	1,06	
2,46—	1,18—	0,68—	Не обн.—
3,25	2,93	1,26	
3,55	1,15	0,65	0,19
2,84	1,47	0,52	0,29

более грубым гранулометрическим составом, большим содержанием тяжелых минералов, характерных для пород речных водосборных площадей, накоплением органического вещества и т. д. По геохимическим данным выносы рек, которые могут иметь шлейфы до 500 км и более, в морской акватории фиксируются часто по содержаниям CaCO<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, C<sub>орг.</sub>, SiO<sub>2</sub> аморф., Ti, Al, Fe, Mn, B, Sr, Ba. Рассматриваемые области различаются и прослеживаются по сообществам растительности (табл. 50). Необходимо подчеркнуть, что между гидродинамическим режимом аллювиального и дельтового литогенеза, литологическими и геохимическими особенностями состава отложений, характером фаунистических организмов существует коррелятивная взаимозависимость.

По водорастворимым солям пресноводные отложения выделяются малой минерализацией и убывающим рядом Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>—Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>—NaHCO<sub>3</sub>—Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>—NaCl, а морские — высокой минерализацией и рядом NaCl—MgCl—MgSO<sub>4</sub>—CaSO<sub>4</sub>—Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Выделение и прослеживание пресноводных, солоновато-водных и морских отложений осуществляется путем сопоставления разрезов с данными по распределению водорастворимых солей (Данилов, Жигарев, 1977).

Критерием для прослеживания и разделения морских и пресноводных отложений в областях дельт может быть органическое вещество. В частности, битумы, извлеченные из первых отложений, имеют величины соотношений V : Zn 10,3, а из вторых —  $n \cdot 10^{-3}$ . Этот показатель рассматривается как индикатор различных генетических типов каустобиолитов (Гуляева и др., 1965).

Б. Г. Виноградовым (1962) в яснополянском надгоризонте Подмосковского бассейна, формирование которого происходило в условиях пойм, русел, дельт и прибрежно-морских отстановок карбона, выявлены следующие средние содержания титана и циркония в зависимости от фациальных обстановок (в %): в пойменных 0,41 и 0,03, болотных 0,28 и 0,01, озерных 0,47 и 0,02, прибрежно-морских и дельтовых 0,34 и 0,03, лагунных 0,43 и 0,02, что использовалось для выделения и прослеживания палеодолин и их прогнозов.

Различия составов поровых растворов фиксируют генезис осадков в низовьях речной долины и прибрежно-морской зоны. По данным И. Д. Данилова (1978), поровые растворы осолоненных лагуновых илестых песков высокоминерализованные и выделяются повышенными содержаниями хлора, щелочей, величинами SO<sub>4</sub> : HCO<sub>3</sub>; речных и озерных отложений — низкой минерализацией, высокими величинами HCO<sub>3</sub> : Cl и Ca : Mg. Поровые растворы дельт

характеризуются промежуточными величинами указанных геохимических коэффициентов.

Комплекс методов был использован нами при определении фацальной принадлежности разреза д. Страдубки в долине Днепра. Здесь на морских глауконитовых песках харьковского яруса залегают черные глины. Их перекрывают темно-желтые охристые мелкозернистые пески, алевриты и пестроцветные глины. Возраст толщи датируется верхним олигоценом. До последнего времени считалось, что черные глины сформировались в пресноводной среде и с них в разрезе начинается континентальная история развития Полесья в кайнозое.

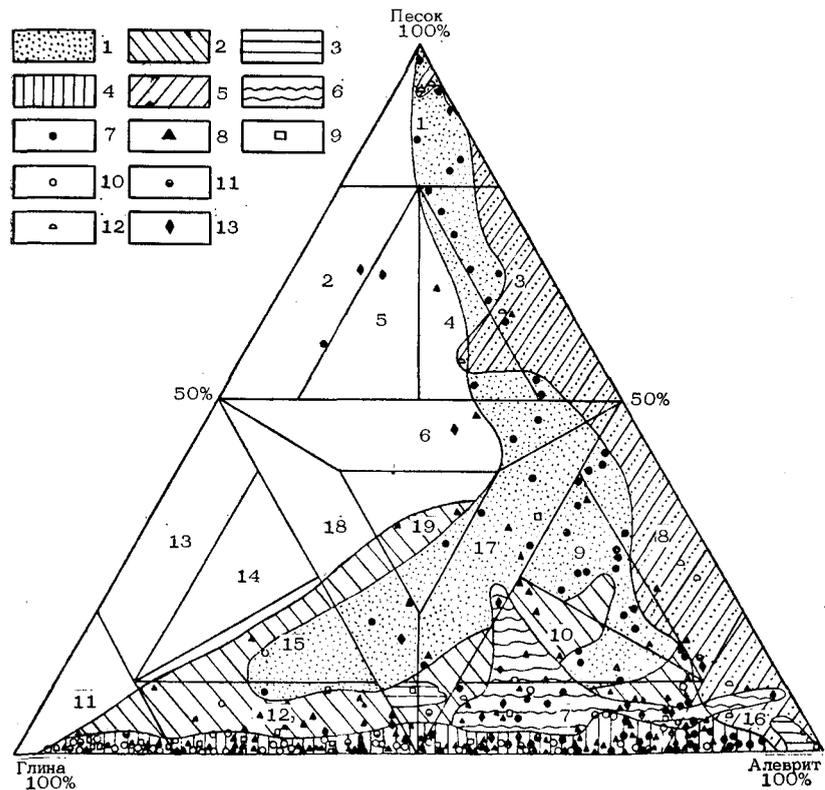


Рис. 26. Диаграмма гранулометрического состава современных осадков надводной дельты Амударьи (Попов и др., 1956). Номера полей диаграммы: 1 — песок, 2 — глинистый песок, 3 — алевритовый песок, 4 — алевритово-глинистый песок, 5 — глинисто-алеваитовый песок, 6 — алеврит, 7 — глинистый алеврит, 8 — песчаный алеврит, 9 — глинисто-песчаный алеврит, 10 — песчано-глинистый алеврит, 11 — глина, 12 — алевритовая глина, 13 — песчаная глина, 14 — алевритово-песчаная глина, 15 — песчано-алеваитовая глина, 16 — песчаный паттум, 17 — алевритовый паттум, 18 — глинистый паттум, 19 — паттум. Поля: 1 — русловые, 2 — пойменные (полойные), 3 — такырные и такыровидные, 4 — болотные и озерные, 5 — эоловые, 6 — приморские (прибойные) и проб фацаций: 7 — русловой, 8 — пойменной (полойной), 9 — такырной и такыровидной, 10 — болотной, 11 — озерной, 12 — эоловой, 13 — приморской (прибойной)

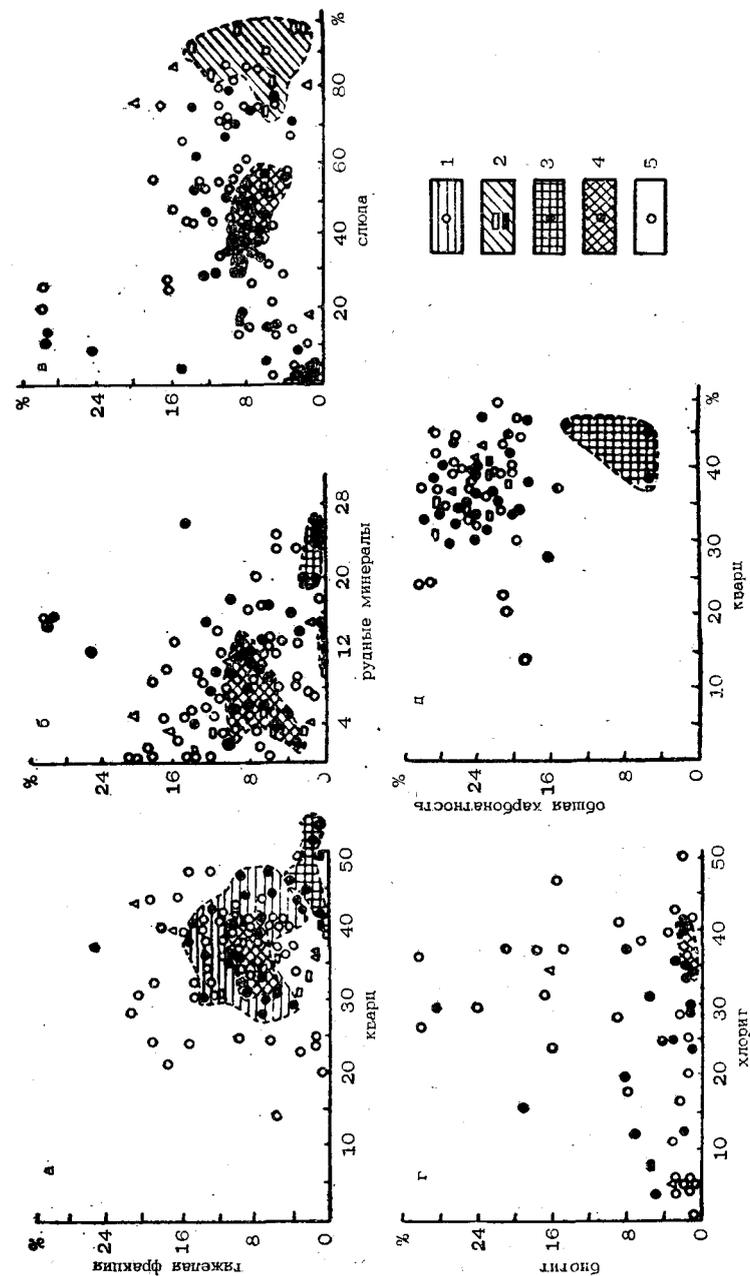


Рис. 27. Диаграммы корреляционных соотношений тяжелой фракции и кварца (а), тяжелой фракции и рудных минералов (б), тяжелой фракции и слюд (в), биотита и хлорита (г), общей карбонатности и кварца (д) в различных фациях современной надводной дельты Амударьи (Попов и др., 1956). Поля фацаций и их фигуративные точки: 1 — русловых, 2 — болотных и озерных, 3 — эоловых, 4 — морских, 5 — точки пойменных отложений

Петрографические и другие особенности наземных и подводных отложений дельтовых областей (Попов и др., 1956)

Тип осадочных пород и их особенности	Наземные равнины	Подводные равнины
Брекчии	Часто, иногда много	Мало, у берегов
Конгломераты	Часто, иногда мощные	То же
Красноцветы	Иногда много, мощные	«
Рудоносные песчаники	Часто, в сухом климате	Редко, у берегов
Песчаники с корытообразной косою слоистостью	Постоянно присутствуют	Отсутствуют
Прочие типы песчаников	То же	У берегов
Алевролиты	Обычно присутствуют	Всегда у берегов, отсутствуют вдали от них
Ленточные алевриты, пелиты	В пойме, озерах и такырах	Обычно присутствуют
Ленточные алевролиты	Постоянно присутствуют	Редко, только у берегов
Алевропелиты	Мелкоземы (60—70% пород)	Илы (80—90% пород)
Тонкодисперсные глины	Только в озерах	Много, кроме водноприбойных заливов
Силициты	Мало	Часто, иногда мощные
Фосфорит, глауконит	Отсутствуют	Имеются нередко
Известняки	Редко, в озерах и почвах	Много, часто мощные
Доломиты	Мало	Много, часто мощные
Гипс, ангидрит, галит	Озера, маломощные	Лагуны, мощные
Угли	Во влажном климате, часто разной мощности	Редко, тонкие
Битумы	Редко	Часто
Формы залегания	Линзы и линзообразные слои, редко выдержанные	Массивы, линзы и слои, обычно выдержанные
Фауна	Редко, наземная, иногда водоросли	Часто, подводная с примесью наземных
Флора	Часто, наземная	Часто, у берегов, редко вдали от них

Таблица 50

Зависимость растительных ассоциаций от фациальных обстановок дельты на примере Амударьи (Попов и др., 1956)

Фациальная зона	Преобладающие виды растений
Русловая	Отсутствие растений, редкие злаки
Прирусловая пойма	Почти лишена растений, иногда редкий и низкий камыш
Прирусловые валы	Тамариск, туранга и джида
Постоянно застойная	Высокий камыш
Макролуговая	Редкие кустарники, в изобилии травянистые растения, есть солянка
Сухолуговая	Редкие кусты тамариска и пальчатки, различные виды солянки
Солончаковая	Отсутствие растений. Редкие солянки
Сухостепная	Янтак, злаки, солянка
Эоловые бугры	Саксаул, тамариск.

Повышенные содержания хлора и натрия в поровых растворах черных глин, более высокое значение  $(Na+K) : (Ca+Mg)$  дают основание считать, что это дельтовые осадки с сохранившимися следами влияния морских вод или лагунных условий.

Глины отличаются относительно высокими содержаниями никеля и ванадия, что, по М. А. Кейту и Э. Г. Дегенсу (1961), является

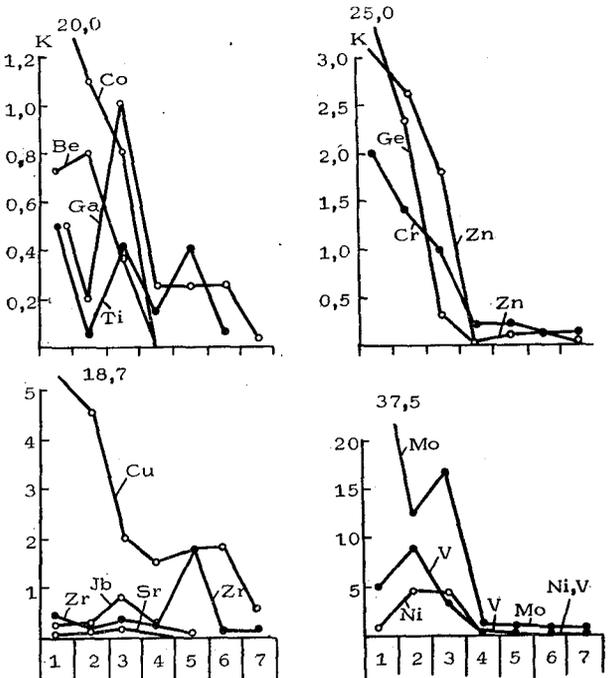


Рис. 28. Распределение микроэлементов в породах различных фаций северной окраины Донбасса (Никифорова, Болотникова, 1972) в коэффициентах концентрации (K): 1 — афанитовые слоистые известняки с обильными обугленными растительными остатками (крайнее мелководье), 2 — угли (торфяные обводненные болота), 3 — углистые породы (краевые участки торфяных обводненных болот), 4 — известняки со стигмариями (заболоченная прибрежно-морская равнина), 5 — афанитовые слоистые и брекчированные известняки (прибрежное мелководье), 6 — афанитовые однородные и органогенные известняки (прибрежно-мелководная часть моря), 7 — органогенные известняки (мелководная и умеренно-глубоководная части моря)

характерной чертой органической фракции приморских отложений. Переход от морских условий к континентальным фиксируется по содержанию бора — от 0,019% в морских до 0,008% в континентальных осадках.

Установлено, что в кайнозойских осадках Белоруссии дельтовые и речные отложения отличаются друг от друга повышенными концентрациями в дельтовых Mn (в 1,8 раза), Sr (4), Ni (5), V (3,5) и пониженными Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (1,6), составами поровых растворов. В ряду морские — дельтовые — речные глины закономерно уменьшаются

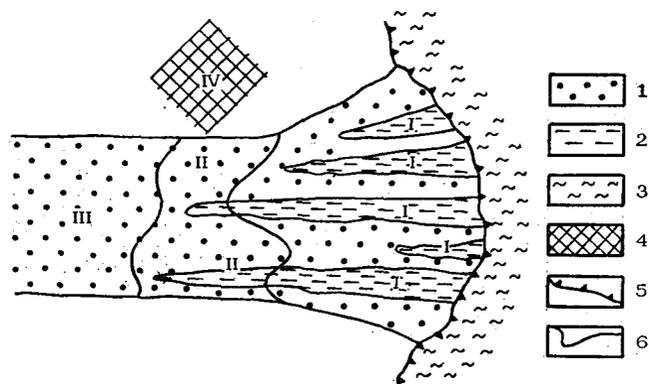


Рис. 29. Схема зонального распределения типов ископаемых почв в ландшафтах приморской речной долины (Феофилова, 1977). Фации: 1 — русловые, 2 — пойменно-озерные (межрусловые участки), 3 — дельтовые и прибрежно-морские, 4 — водораздельных участков, 5 — береговая линия, 6 — границы зон; I—IV — зоны

концентрации Mn, Sr, V и возрастают Ti, Zr. Эти данные применяются для уточнения верхнеолигоцен-нижнемиоценовой границы, корреляции и выделения трансгрессивно-регрессивных циклов и перерывов в осадконакоплении среднего и верхнего эоцена на юге Белоруссии (Кузнецов, 19736).

### Корреляция отложений и горизонтов на границе континентальных и морских обстановок

В настоящее время с целью корреляции отложений в рассматриваемых условиях широко используется комплекс минералогических, геохимических и других показателей.

Так, на примере изучения карбоновых сланцев Южного Уэльса в Великобритании установлены следующие закономерности в ряду отложений (с соответствующими палеонтологическими ассоциациями) пресноводные (без ископаемых остатков) — солоноводные близбереговые (*Lingula*, *Nuculopsis*) — морские прибрежные (*Lingula*, *Goniatites*) — морские удаленные от берега (*Goniatites*, двухстворчатые): 1) постепенное уменьшение содержаний обломочного кварца, увеличение  $S_{орг}$ , коллофана, концентраций урана, менее четко серы и фтора; 2) резкое уменьшение геохимических коэффициентов  $Th : U$ ,  $Na : K$ , менее ясное  $F : P_2O_5$ ; 3) слабая корреляция концентраций бора в иллите глинистой фракции в зависимости от величины палеосолености, основанной на палеонтологических остатках; 4) хорошая согласованность отношений концентраций кварца и  $S_{орг}$  как показателя условий седиментации в зависимости от удаления от берега с величинами коэффициентов  $Th : U$ ,  $Na : K$ ,  $Fe^{3+} : Fe^{2+}$  (рис. 30); 5) удовлетворительное согласование скоплений остатков лингул, гониатитов и двухстворчатых моллюсков с геохимическими показателями условий седиментогенеза. На наш взгляд,

эти данные особенно важны для уточнения площадей распространения прибрежно-морских равнин, нахождения и прослеживания придельтовой области и береговой морской полосы.

В корреляции дельтовых и прибрежно-морских отложений важное значение имеет площадное прослеживание величин отношений изотопов органического углерода. В частности, наблюдаемые вариации  $\delta^{13}C^*$  в осадках эстуариев (Sackett, Thompson, 1963) связываются со смешиванием органического углерода с суши ( $\delta^{13}C = 2,6\%$ ) и моря ( $\delta^{13}C = 18\%$ ). В осадках реки Миссисипи  $\delta^{13}C$  составляет около 2,7%, что (Schultz, Caldag, 1976) было положено в основу выяснения площадей накопления плейстоценовых дельтовых отложений в Мексиканском заливе.

По данным И. Кунца (Kunz, 1975), в юрских отложениях ГДР пресноводные известняки характеризуются  $\delta^{13}C$  от  $-2,0$  до  $-13\%$ , а морские разности этих пород — от  $+5,0$  до  $-2,0\%$ .

Общеизвестно поведение галогенов в дельтовых областях. На основании изучения их концентраций в осадках в зависимости от морских и пресноводных обстановок уточняются и коррелируются условия прибрежных палеообстановок (табл. 51).

Э. Вернер (1976) приводит пример прослеживания придельтовых условий и разделения морских и пресноводных осадков на основании изучения содержаний хлора и изменений в соотношении хлорита, иллита и монтмориллонита. Этот комплекс критериев основан на различиях в содержаниях данного химического элемента в морской и речной воде (соответственно 19 000 и 8,3 г/м), а также переходах монтмориллонита в хлорит и иллит с заменой гидроксила исходного минерала на ион хлора, находящийся в зависимости от степени солености вод.

В железорудных формациях руды долинно-речного генезиса (лисаковский тип) отличаются от руд прибрежно-морского генезиса (аятский тип) по ряду средних значений химических показателей:  $Fe_2O_3$  (50,00—50,62 против 30,57%);  $FeO$  (1,24—1,68 и 19,00);  $SiO_2$  (30,81—35,61 и 16,70);  $Al_2O_3$  (4,41—4,67 и 7,30);  $CaO$  (0,36—0,39 и 1,80);  $MgO$  (0,34—0,38 и 1,02);  $SiO_2 : Al_2O_3$  (5—10 против 2—5) (Момджи, Чистякова, 1979).

В настоящее время бор широко применяется для прослеживания континентальных и морских обстановок седиментогенеза на основе установленных зависимостей его концентраций от величины солености вод (см. гл. II). В частности, Ю. В. Валиев применял материалы по распространению бора для прослеживания палеофациальных обстановок речных долин, дельт и прибрежно-морских равнин (табл. 52; рис. 31). Он отмечал, что бор в ассоциации глинистых минералов является надежным критерием для оконтуривания пресноводных и солоноводных отложений независимо от соотношений этих минералов, при этом наиболее показательна фракция 0,001 мм глинистых пород. Ю. В. Валиев указывает также на необ-

$$*) \delta^{13}C = \left( \frac{^{13}C : ^{12}C \text{ образец}}{^{13}C : ^{12}C \text{ стандарт}} - 1 \right) \cdot 10^3.$$

Таблица 51

Содержание галогенов в различных типах отложений и вод  
(Теняков и др., 1974), г/г

Тип отложений и вод	Cl	Br	J	Cl:Br	Br:J
<i>Пресноводные отложения</i>					
Глины и сланцы	3—60	1,8—3,3	1,2—1,7	1,6—5,1	1,06—2,7
Угли озерно-болотные	49	13,7	7,5	3,6	1,8
<i>Морские отложения</i>					
Глины и сланцы	1100	17	3,4	64	5,0
Угли прибрежно-морские	94	9,5	11,2	9,9	0,8
<i>Природные воды</i>					
Речные	8,3	0,006	0,0018	1383	3,5
Морские	1900	65	0,05	29,2	1300

Таблица 52

Среднее содержание бора в отложениях различных палеогеографических  
и фациальных обстановок седиментогенеза (Валиев, 1977),  $n \cdot 10^{-3} \%$

Палеогеографические обстановки и литофации	Фракция, мм	
	0,01—0,001	0,001
Мелкие зарастающие и проточные участки озер аллювиальных и аллювиально-дельтовых равнин		
алевритово-песчаных осадков проточных участков и алевритово-глинистых осадков застойных участков зарастающих озерных водоемов	7,1	8,3
Заболачивающиеся речные долины и аллювиально-дельтовые равнины		
почв и глинисто-алевритовых осадков заболоченных равнин и долин, песчано-алевритовых осадков заболоченных мелких озер, глинисто-алевритовых осадков заболоченных крупных озерных водоемов аллювиально-дельтовых равнин	7,5	6,5
Крупные озерные водоемы прибрежно-морских равнин		
гравийно-песчаных осадков открытого мелководья, алевритово-глинистых осадков полуизолированных прибрежных частей и алевритово-глинистых осадков центральных частей водоемов	13,0	12,5
Заболачивающиеся прибрежно-морские равнины		
почв и песчано-алевритовых осадков заболоченных равнин	20,0	35,0
Морское мелководье		
песчано-глинистых осадков заливов и лагун, песчано-гравийных осадков приустьевого мелководья, алевритово-песчаных осадков подвижного мелководья морского бассейна	16,3	20,0

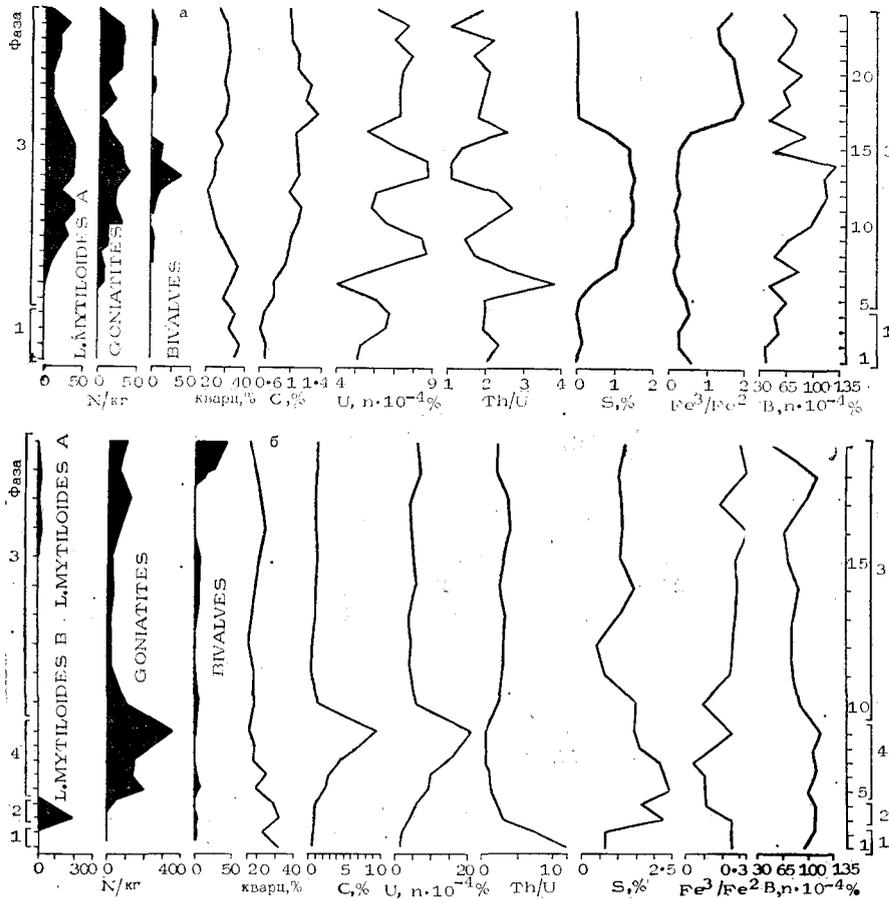


Рис. 30. Вертикальное распространение кварца,  $C_{орг}$ , U, величин отношения  $Th:U$  и  $Fe^3:Fe^2$  и бора в сопоставлении с распространением *Lingula*, гониатитов, двустворчатых — *Dunbarella*, *Edmondia* *Posidoniella*; место исследований: а — Бриннамман, б — Недд Фехан (Bloham, Thomas, 1969)

ходимость, во-первых, иметь в виду, чтобы сравниваемые осадки характеризовали единую область питания, во-вторых, учитывать содержание  $C_{орг}$ .

Концентрации бора в глинистой фракции в пересчете на гидрослюду составляют для дельтовых и аллювиальных (пресноводных) отложений 70—100 г/г, подводно-дельтовых (опресненных, слабосоленоватоводных) 160—270 и нормально-морских (соленых) свыше 350 г/г (Ивановская, Соколова, 1977).

П. П. Тимофеев и др. (1967) называют следующий фациальный ряд для углей Канско-Ачинского бассейна по содержанию В (в г/г): озерно-болотные 7,8—36, аллювиально-прибрежно-морские 24—53, прибрежно-морские 87—146. Э. Я. Юдович (1978) для разделения

пресноводных и солоноводных обстановок в угленосных толщах указывает на возможность использования В, Са, Mg, S, Na : К и других показателей.

При использовании бора в качестве критерия для разделения пресноводных и соленых обстановок необходимо учитывать изменения его концентрации, обусловленные повышенным его фоном в породах питающих провинций, проявлением вулканизма, составом ассоциации глинистых минералов.

В работе Э. Я. Юдовича (1978) на основании исследований отечественных и зарубежных ученых приводятся следующие критерии выделения и корреляции пресноводных и морских отложений: СаО : MgO (у «морских» фаций оно менее 7,0), В (менее 20 г/т — пресноводные, 40—120 — солоноватоводные, более 120 г/т — морские), Na : К, S. Индикаторы морских фаций — Zn и В, континентальных — Ni, Sn, Мо.

При разделении пресноводных и солоноводных обстановок используется также ряд геохимических коэффициентов. В частности, в глинистых отложениях величины В : Ga составляют для первых около 5, для вторых около 10 (Катченков и др., 1971), пресноводных 1,5, прибрежно-морских 5—6, морских 7 (Акульшина и др., 1973), Sr : Ba — в континентальных >2, морских 0,3—0,6 (Катченков, 1959), Fe : Mn — морские около 1, опресненные осадки около 5

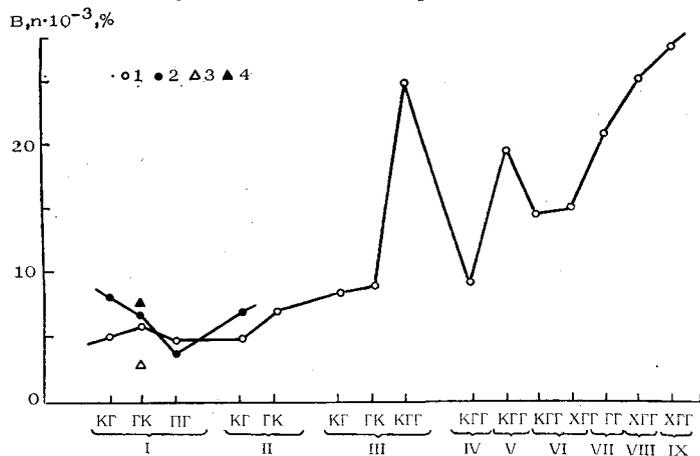


Рис. 31. Распределение средних содержаний бора в ассоциациях глинистых минералов юрских отложений Гиссарского хребта в зависимости от условия их генезиса (Валиев, 1977). Отложения: I — аллювиальные, II — мелкие озерные и озерно-болотные, III — крупных приморских озер, IV — дельтовые, V — заливно-лагунные гумидные, VI — прибрежно-мелководные гумидные, VII — удаленных частей морского бассейна, VIII — прибрежного мелководья с признаками аридизации климата, IX — заливно-лагунные аридные; Гиссарский хребет: 1 — юго-западные отроги, 2 — южный склон, 3 — кора выветривания юго-западных отрогов, 4 — кора выветривания южного склона. Ассоциации глинистых минералов: КГ — каолинит-гидрослюдистая, ГК — гидрослюдисто-каолинитовая, ПГ — пластинчато-гидрослюдистая, КГГ — каолинит-гидратированно-гидрослюдистая, ГГ — гидратированно-гидрослюдистая, ХГГ — хлорит-гидратированно-гидрослюдистая

(Резников, 1961). В глинистых и карбонатных породах показательны величины отношений Al : Ti — у континентальных 70—120, морских 15—70, а у обломочных V : Zr, V : Cr и V : Zn, например, величина первого коэффициента для континентальных 0,12—0,4, морских выше 0,25—4,0 (Янов, 1971).

И. Галагович и Ф. Вигне (Csalogovits, Vighne, 1969) указывают на следующий ряд отношений содержаний в золе углей микроэлементов к их содержаниям во вмещающих породах, соответственно в морских (верхний ряд) и континентальных (нижний ряд) отложениях:

Pb	Co	Cr	Sr	Ba	Ni	Zn	V	B	Ga	Sn	Mo
1,0	1,1	1,7	0,5	1,6	1,6	2,5	2,6	3,6	10,0	0,9	7,0
1,2	0,8	1,7	0,4	1,0	2,0	1,0	2,9	0,8	12,0	2,0	11,0

В дельте и долине р. Оранжевой (Намибия) глинистые минералы одни и те же при сходных соотношениях друг с другом, и обменные свойства осадков аналогичны. В то же время при переходе от речных к дельтовым осадкам в обменном комплексе глиен отмечается возрастание содержаний одновалентных катионов, а также величин отношения обменных Na : К (Chester, Elderfield, 1975).

В вытяжках дельтовых осадков Волги А. С. Пахомовой (1951) выявлено соответственно в надводной и подводной дельте (в %): СаСО<sub>3</sub> 4,26—8,54 и 0,6—26,9; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1,87—6,68 и 1,77—4,76; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,8—3,8 и 2,21—5,91; MgO 0,55—0,9 и 0,74—3,63; Mn 0,04—0,045 и 0,05—0,12; P 0,02—0,08 и 0,05—0,11.

У. Д. Дистанов, В. И. Сорокин (1973) при исследовании глауконитов из палеогеновых отложений Поволжья установили некоторые их различия в зависимости от палеогеографических условий формирования: глаукониты фронтальных частей дельт и мест смешивания речных и морских вод характеризуются монофракционностью (максимальные количества минерала связаны с фракциями 0,05—0,15 мм) и имеют повышенное содержание глинозема (9,26% против 8,12 в глауконитах морских бассейнов), закиси железа (2,16 и 1,76), окиси титана (0,72% против 0,27). Этот минерал из морских мелководных бассейнов выделяется развитием частиц широкого гранулометрического спектра (от 0,4 до 0,02 мм) и относительно повышенными по отношению к описанным глауконитам содержаниями окиси железа (21,70% против 18,94).

Использование глауконитов в качестве критерия рассматриваемых обстановок требует, на наш взгляд, дальнейшего уточнения, так как отмечены случаи образования этого минерала в условиях суши в корах выветривания кристаллических пород, залегающих под водоносными речными песчано-глинистыми осадками (Дядченко, Хатунцева, 1956).

Содержание карбонатов, главным образом кальцита, в осадках дельтовой области, например, Амударьи составляет 18,5% в русло-

вой, 24—26% в пойменной и такыровой области (Попов и др., 1956), у Волги до 13% (реже 25) в авандельте и до 2% в ее надводной части (Батулин, 1951).

При корреляции фаций континентальных и прибрежно-равнинных отложений неогена на территории Восточно-Европейской платформы использовались типоморфные особенности ряда минералов, закономерности изменений их содержаний, а также величины отношений  $Al_2O_3 : Na_2O$ , характеризующих зрелость глинистой фракции, состав конкреций и другие показатели. Так, для кальцитовых

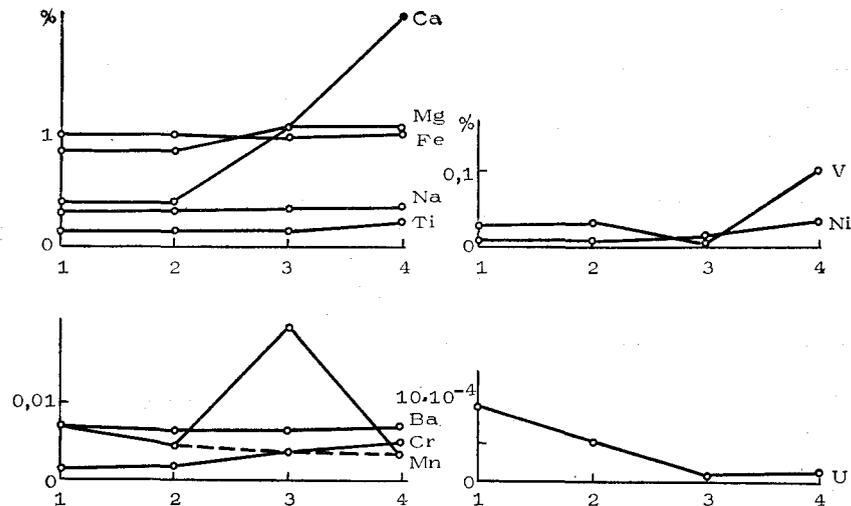


Рис. 32. Распределение химических элементов в осадках дельтовой фации, средняя подсвита среднетульской серии, оз. Маймярви (Безденежных и др., 1966): 1 — кварцевые конгломераты, 2 — гравелиты, 3 — кварцито-песчаники, 4 — алеуриты и аргиллиты

конкреций континентальных условий образования характерны Ti, Zr, Ga, Be, а морских — Mn, Mg, Cr, Cu; гидрогетитовые конкреции континентальных фаций обогащены обычно Ti, Ga, Sr и реже Cr, Ni, Ba, что было показано на примере неогеновых отложений Украины (Мельник, 1977).

Золото прибрежно-морских россыпей имеет более высокую пробу и более частые нарастания вторичных образований в отличие от золота речных россыпей (Семенов, 1977).

По данным изучения девонских отложений Северного Урала Э. С. Щербаковым (1976) были показаны возможности использования содержаний полевых шпатов, отношений концентраций лейкоксена и циркона для разделения и прослеживания аллювиальных отложений и прибрежно-морских осадков.

Для стратиграфии и корреляции протерозойских метаморфизованных отложений Карелии и Кольского полуострова, в составе которых имеются долино-речные и дельтовые образования, использовались материалы распространения микроэлементов, сгруппиро-

ванные по следующим признакам: 1) закономерностям распределения концентраций элементов и величинам их соотношений  $U : Ni$ ,  $V : Cr$ ,  $Mn : Ni$ ,  $Ni : Co$ ,  $Ca : Mg$ ,  $Fe : Ti$  в разрезе отдельных толщ сверху вниз, позволивших проследить границы стратиграфических горизонтов вне зависимости от степени метаморфизма пород; 2) характеру распространения микроэлементов с учетом их группировки по литологическим типам отложений, свойственным определенным фациям исследуемого горизонта (рис. 32). На основе литологических материалов с учетом этих геохимических особенностей строились литолого-палеогеографические карты, одна из которых позволила проследить речную долину и уяснить ее строение в Янгозерской структуре.

### Морские отложения и их связь с выносами рек

Взвеси речного стока, как показывают наблюдения (Морозов, 1979), содержат более высокие концентрации микроэлементов, чем взвеси конечных водоемов стока (табл. 53). При этом доля взвешенной формы в ряду река—залив—море—океан особенно резко падает в зоне реки—залив для микроэлементов (от 88—65 до 20—10%), железа и марганца (с 97 до 80%), в зоне залив—море, залив—океан для микроэлементов в пределах 2—3%, а железа и марганца с 80% до 60—50 и 25—8% соответственно. В заливах происходит накопление микроэлементов в связи с садкой взвесей, формированием и садкой коллоидов, их аккумуляцией планктоном.

По мере удаления в сторону моря увеличивается разбавляющая роль морских вод. Следовательно, по концентрациям микроэлементов в отложениях могут устанавливаться древние зоны заливов и дельт.

Исследование морских отложений и их районирование на основе минералогических и геохимических данных во многом помогают уточнять связи континентальных и морских образований, источники

Таблица 53  
Средние концентрации микроэлементов во взвешенном материале рек, заливов, морей и океанов (Морозов, 1979)

Элемент	Реки		Заливы		Моря		Океаны	
	мкг/л	%	мкг/л	%	мкг/л	%	мкг/л	%
Fe	13664	5,0	25,0	1,0	7,5	0,4	1,0	0,3
Mn	529	0,24	2,0	0,1	0,4	0,01	0,03	0,003
Zn	70	0,15	2,0	0,14	1,0	0,1	0,6	0,07
Cu	19,4	0,05	0,5	0,03	0,25	0,02	0,12	0,015
Ni	18,4	0,009	0,3	0,01	0,15	0,01	0,1	0,01
Co	5,2	0,004	0,05	0,003	0,02	0,002	0,002	0,0008
Cr	—	0,013	—	—	—	—	0,03	0,008
Pb	29,6	0,044	0,3	0,01	0,02	0,015	0,03	0,004
Cd	—	0,00007	0,005	0,0004	0,003	0,0003	0,001	0,0003
Hg	—	—	0,02	—	0,006	—	0,004	0,0005

сноса, определять места речного выноса материала и специфику их состава. Г. Эванс (Evans, 1970) на примере близбереговых, лагунных и дельтовых отложений Северного моря и Персидского залива показывает литологические закономерности осадконакопления в направлении открытое море — береговая зона, характеризует осаждение солей Ca, Mg, Sr, а также накопление торфа либо эвапоритов в зависимости от климатических условий.

На примере Северного Каспия Ю. П. Хрусталева и М. М. Рышкова (1975) показали, что в целом рассматриваемая акватория характеризуется эпидот-амфибол-гранатовой провинцией, в пределах которой выделяют 6 субпровинций, состав некоторых из них в основном определяется речными сносами: 1. Терекская — за счет взвешенного вещества Терека (ведущие минералы — пироксен, циркон, апатит, цоизит), 2. Волжская — от сноса Волги (гранат, турмалин, ставролит, сфен), 3. Уральская — за счет аллювия реки Урала и частично Волги (циркон, рутил, апатит, хлорит), 4. Бузачинская — путем эоловых сносов (ставролит, силлиманит, дистен, глауконит), 5. Тюб-Караганская — эоловые сносы и размыв берегов полуострова Тюб-Караган (титановые минералы, эпидот, роговая обманка), 6. Центральная — за счет размыва дна моря у Мангышлякского порога и аллювия Волги (силлиманит, ставролит, апатит, хлорит, циркон).

М. А. Глаголева, Д. С. Туровский (1975) показали, что в Среднем Каспии новокаспийские отложения обогащены по отношению к мангышлякским подвижными Mn, Ca, Mo, Co, Ni и обеднены менее подвижными Ti, Zr, Sr, V, что объясняется увеличением пелитового и тонкопелитового материала в период новокаспийской трансгрессии и алевритового и крупнопелитового при мангышлякской регрессии. В последнем случае возросла роль речной эрозии.

Из того, что эти изменения связаны с перестройками климата в антропогене и хорошо коррелируются в характере осадков и поведении указанных химических элементов соответственно с древнечерноморскими и новейшими осадками Черного моря, следует, что, во-первых, по минералогическим и геохимическим особенностям морских отложений можно судить о речном сносе и, во-вторых, в определенной мере иметь основу для корреляции аллювия рек, принадлежащих к различным конечным бассейнам стока.

В конечных водоемах стока (моря и океаны) по литолого-геохимическим данным Е. М. Емельянов (1977) разделяет области: 1) терригенных выносов крупных рек; 2) вулканокластических осадков и взвесей вулканических областей; 3) эоловых выносов. Для первой группы он характеризует содержания  $\text{SiO}_2$  аморфн., Ti, Al, Fe во взвеси, которые уменьшаются в сторону моря, и содержания  $\text{CaCO}_3$ , возрастающие в этом направлении. Например, по изолинии Al 0,5—1,0% (рис. 33) выделяется дельта Амазонки, а по изолиниям 0,1% Ti и 10% Al — дельты рек Балтийского и Черного морей. По изолиниям  $\text{CaCO}_3$ , равным 30%, прослежены выносы Амазонки до 1000 км, Конго — 700, Нила — до 500 км. Анализ подобных карт для древних морских отложений позволяет выделять

в прибреговых зонах дельты, коррелировать процессы морского седиментогенеза и речных палеовыносов континентального материала.

При исследовании геохимических закономерностей морских и прибрежных отложений древних погребенных толщ важное значение приобретает влияние и прослеживание погребенных речных русел, что может быть сделано при комплексном анализе: 1) соотношения различных литологических типов отложений в стратиграфическом разрезе и по площади, особенно при наличии размывов и несогласного залегания пород, проявлении косой слоистости, погребенных долин и ложбин; 2) литологических и геохимических признаков пресноводных, с одной стороны, и мор-



Рис. 33. Содержание алюминия во взвеси поверхностного слоя вод Атлантического океана, % от массы взвеси (Емельянов, 1977): 1—<0,1; 2—0,1—0,5; 3—0,5—1,0; 4—>1,0

ских осадков — с другой; 3) соотношения остатков морских и дельтовых животных организмов; 4) различий терригенно-минералогических ассоциаций речных выносов и вмещающих пород; 5) озерных и озерно-болотных отложений, особенно углистых толщ, отлагавшихся в обстановках речных долин и заболоченных прибрежно-морских пространств; 6) проекций современных речных систем и отдельных крупных речных артерий с учетом проявления сил Кориолиса и закономерностей палеотектонического развития территории; 7) данных аэро- или космических снимков и т. д.

Особый интерес с генетической и поисковой точки зрения представляют прибрежные зоны, где размываются аллювиальные и дельтовые отложения, являющиеся промежуточными коллекторами россыпей рудных минералов. Примером могут служить магнетито-

вые россыпи на Черноморском побережье Болгарии в местах эрозии погребенных аллювиальных толщ (Шнюков и др., 1979).

Большое корреляционное и поисковое значение имеет закономерность, установленная Н. М. Страховым: «Бокситы — оолитовые Fe—Mn-руды демонстрируют единый ряд месторождений, фациальные профили которых последовательно смещаются от континентальных массивов в сторону моря, хотя в последнем и не выходят из его прибрежной рудообразующей зоны» (Страхов, 1962, с. 165).

### КОРРЕЛЯЦИЯ РЕЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР

#### Корреляция аллювия ложбин ледникового выпахивания и размыва

Геохимическая корреляция аллювия различных погребенных ложбин ледникового выпаживания и размыва антропогена была проведена на основании закономерностей распределения микроэлементов в нижне- и среднелепстоценовом аллювии Пра-Немана, где были выявлены венедская, нижне- и верхнекривичская аллювиальные свиты.

С. Л. Шиманович и В. А. Кузнецовым (1981) показано, что венедские осадки, выполняющие низы долины Пра-Немана, характеризуются близкими содержаниями Ni, Cr и Mn (табл. 54). Концентрации Ti и Zr резко увеличиваются вниз по течению прареки, что связано с изменением областей сноса и характера размываемых

Таблица 54

Среднее содержание микроэлементов в кайнозойских аллювиальных отложениях  
Палео- и Пра-Немана,  $n \cdot 10^{-3}\%$

Возраст отложений	Ni	Co	Cr	V	Mn	Ti	Zr	Cu
<i>Скв. 127</i>								
Q <sub>3</sub>	0,7	—	1,1	2,0	16	107	14	0,6
Q <sub>2</sub>	1,6	0,8	3,5	4,4	28	205	12	0,8
Q <sub>1</sub>	1,3	0,7	3,0	3,5	25	178	57	1,4
<i>Скв. 129</i>								
Q <sub>3</sub>	0,3	—	1,0	1,1	11	36	16	0,3
Q <sub>2</sub>	0,6	0,4	2,1	2,5	25	79	14	1,2
Q <sub>1</sub>	1,0	0,6	2,8	4,1	21	106	18	0,9
<i>Скв. 142</i>								
N	6,6	0,7	7,5	11,0	12	350	28	1,2
<i>Скв. 136</i>								
N	2,6	0,6	7,1	11,0	23	360	26	1,2
<i>Среднее для района</i>								
Q	1,0	0,6	2,6	4,8	24	132	24	1,0
N	4,6	0,6	7,3	11,0	17	355	27	1,2

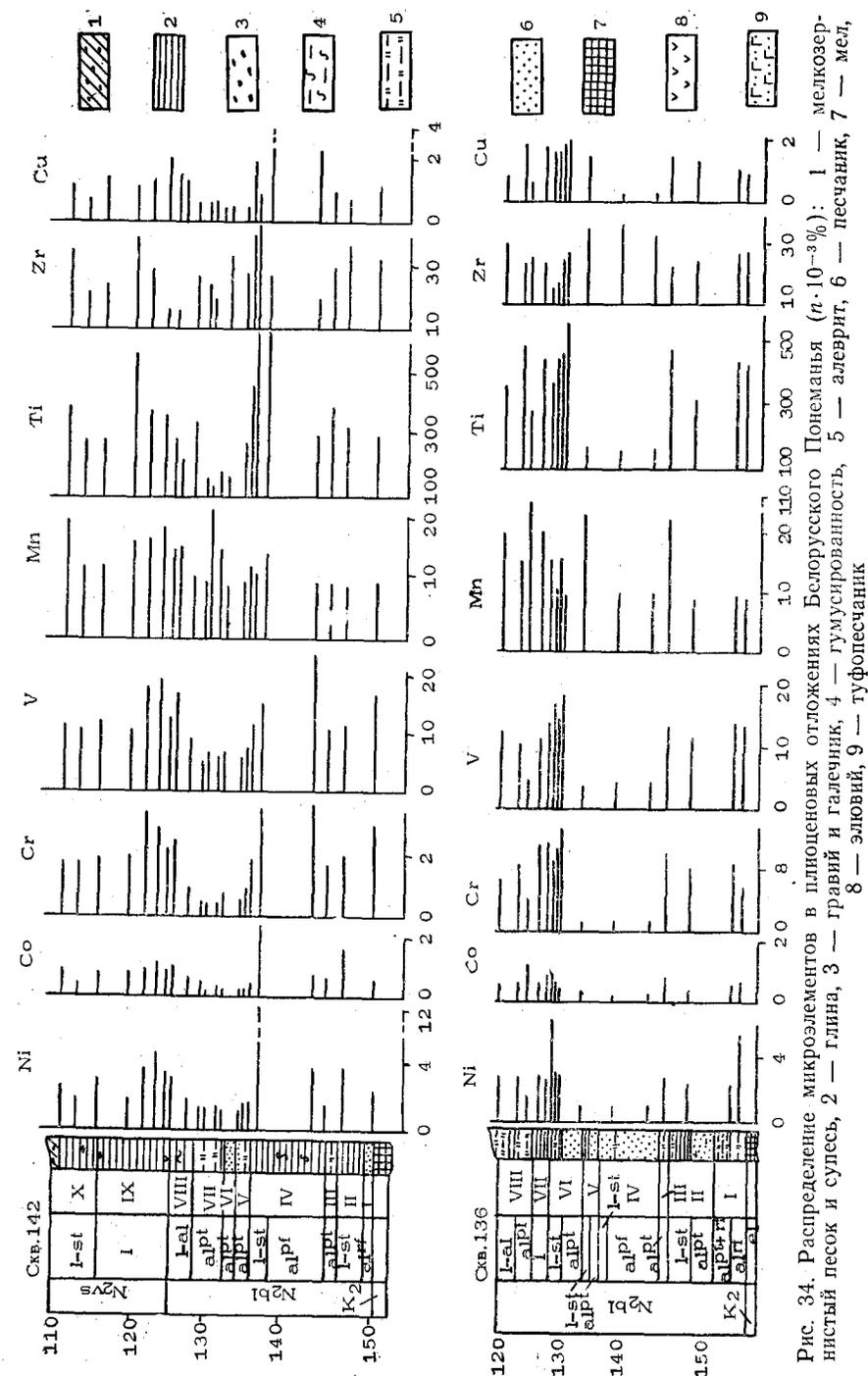


Рис. 34. Распределение микроэлементов в плейстоценовых отложениях Българского Понеманья ( $n \cdot 10^{-3}\%$ ): 1 — мелкозернистый песок и суглесь, 2 — глина, 3 — гравий и галечник, 4 — гравий и галечник, 5 — алерит, 6 — песчанник, 7 — мел, 8 — элювий, 9 — туффпесчанник

## Химический состав верхнеплейстоценовых

Воз- раст	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO
<i>Нормальный</i>					
Песок					
Q <sub>3</sub> <sup>2</sup>	$\frac{83,54-96,43^*)}{90,42}$	$\frac{\text{He обн. } -2,56}{0,71}$	$\frac{\text{He обн. } -7,78}{3,22}$	$\frac{\text{He обн. } -0,69}{0,12}$	$\frac{\text{He обн. } -1,16}{0,54}$
Супесь					
	$\frac{73,57-89,88}{83,92}$	$\frac{0,21-2,85}{1,62}$	$\frac{4,44-7,42}{6,02}$	$\frac{\text{He обн. } -0,45}{0,27}$	$\frac{0,14-0,69}{0,51}$
Песок					
Q <sub>3</sub> <sup>1</sup>	$\frac{86,6-97,82}{92,71}$	$\frac{\text{He обн. } -3,18}{0,86}$	$\frac{\text{He обн. } -7,0}{2,98}$	$\frac{\text{He обн. } -0,19}{0,08}$	$\frac{\text{He обн. } -1,38}{0,43}$
Супесь					
	$\frac{81,91-83,56}{82,74}$	$\frac{0,57-2,9}{1,73}$	$\frac{8,67-8,99}{8,83}$	$\frac{0,33-0,36}{0,35}$	$\frac{0,52-0,72}{0,62}$
<i>Перигляциальный</i>					
Песок					
Q <sub>3</sub> <sup>1</sup>	$\frac{81,33-90,88}{87,77}$	$\frac{0,95-1,96}{1,41}$	$\frac{3,62-7,17}{5,12}$	$\frac{0,10-0,44}{0,19}$	$\frac{0,33-4,12}{1,02}$
Супесь					
	$\frac{76,3}{}$	$\frac{2,14}{}$	$\frac{7,56}{}$	$\frac{0,58}{}$	$\frac{1,3}{}$

\*) В числителе — пределы содержания, в знаменателе — среднее.

пород, а также переменами гидродинамики древнего речного потока в различных палеогеографических аренах. Подтверждением этому служат данные по аллювиальным антропогенным отложениям скв. 129, где они формировались при размыве меловых пород, и скв. 127 — при размыве кор выветривания протерозойских изверженных и метаморфических пород. Для кривичского аллювия этих скважин коррелятивное значение имеют концентрации Zr и Mn при закономерном увеличении количества Ti (рис. 34). Величины отношений микроэлементов сильно колеблются, особенно резко в венедской толще, в частности для Ti : Zr.

В местах речной эрозии Белорусского кристаллического массива, девонских и меловых отложений прямыми геохимическими коррелянтами могут выступать как геохимические особенности

## аллювиальных отложений бассейна Днепра, %

K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	п. п. п.
<i>аллювий</i>				
Песок				
$\frac{\text{He обн. } -2,32}{0,31}$	$\frac{0,58-2,72}{1,06}$	$\frac{\text{He обн. } -1,64}{0,43}$	$\frac{\text{He обн. } -0,72}{0,11}$	$\frac{\text{He обн. } -5,40}{2,24}$
Супесь				
$\frac{0,2-1,36}{0,52}$	$\frac{0,92-2,41}{1,63}$	$\frac{0,43-0,84}{0,60}$	$\frac{\text{He обн. } -0,5}{0,17}$	$\frac{0,88-13,29}{4,17}$
Песок				
$\frac{\text{He обн. } -0,29}{0,11}$	$\frac{\text{He обн. } -2,25}{1,21}$	$\frac{\text{He обн. } -1,12}{0,39}$	He обн.	$\frac{\text{He обн. } -0,49}{0,23}$
Супесь				
$\frac{0,54-0,62}{0,58}$	$\frac{1,53-2,0}{1,77}$	$\frac{0,66}{0,66}$	«	$\frac{1,57-2,91}{2,24}$
<i>аллювий</i>				
Песок				
$\frac{0,12-1,23}{0,44}$	$\frac{1,19-2,12}{1,74}$	$\frac{0,42-1,23}{0,69}$	$\frac{\text{He обн. } -0,17}{0,04}$	$\frac{0,12-3,92}{1,19}$
Супесь				
$\frac{1,02}{}$	$\frac{2,36}{}$	$\frac{0,86}{}$	$\frac{0,12}{}$	$\frac{6,82}{}$

осадков в целом и их геохимические аномалии, так и концентрации V, Mn, Ni, Cu, Zr, Ti в амфиболах, ильменитах, Ni, Cr и Zr в магнетитах. При этом особенно показательны формы нахождения Cu, Co, Mn, V, Ti в постадийных вытяжках—воднорастворимой, легкообменных ионов, карбонатной, органической, аморфных гидроокислов и адсорбированных на них ионов и др. (Кузнецов, Матрунчик, 1978; Кузнецов и др., 1979).

Геохимическая корреляция погребенных плиоцен-антропогенных отложений возможна на основе изучения геохимической цикличности и тенденций изменений вверх по разрезу концентраций элементов-резистатов и гидролизатов и их соотношений с учетом поведения соединений железа, кальция и углерода (Боброва и др., 1977).

Необходимо подчеркнуть, что сама погребенная ложбина ледникового выпавивания и размыва является основой для корреляции антропогенных отложений и аллювия.

### Корреляция аллювия речных террас

Среди геохимических методов корреляции аллювия террас широкое применение имеет абсолютная датировка отложений по  $^{14}\text{C}$ . Начинают использоваться закономерности распределения в осадках химических элементов и их ассоциаций. Так, по данным В. А. Кузнецова (1973б), среди осадков второй надпойменной террасы бассейна Днепра распространены глины, сформировавшиеся в перигляциальных и теплых условиях старичных и озерных водоемов. В их фракции 0,25—0,1 мм отмечаются легкие минералы — кварц, полевые шпаты, слюды, кальцит, среди тяжелых — циркон, турмалин, рутил, эпидот, гранаты, амфиболы, ильменит, лейкоксен, пирит и др. Ассоциации глинистых минералов в различных частях бассейна неодинаковы: для Поднепровья — гидрослюдистомонтмориллонитовая с примесью каолинита, Полесья — гидрослюдистая с примесью монтмориллонита, в долине Сожа — преимущественно монтмориллонитовая. Глины перигляциальных условий имеют повышенные содержания кварца и пониженные — тяжелых минералов. Для химического состава глин характерны содержания (в %):  $\text{SiO}_2$  76,3—78,97;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  7,41—11,31;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0,95—2,85;  $\text{CaO}$  0,69—1,3;  $\text{MgO}$  0,63—1,0;  $\text{K}_2\text{O}$  2,04—2,36;  $\text{Na}_2\text{O}$  0,65—0,86 и концентрации микроэлементов (в  $n \cdot 10^{-3}\%$ ): Ti 134—420; Mn 17—270; Cr 1,9—5,5; Ni 0,5—40,0; V 5,5—11,0; Zr 13,0—26,0 (табл. 55). Глины, образовавшиеся в перигляциальных обстановках, отличаются от глин оптимума муравинского межледниковья пониженными концентрациями Ti (в 3,5 раза), Mn (2,4), Cr (2,7), Ni (2), V (2) и величинами геохимических коэффициентов Ti:Zr (2) и повышенными Cr: Ni (6), Mn: Ni (7 раз), что согласуется со сходным поведением микроэлементов в песчаных осадках подобных условий формирования и обусловлено различиями гранулометрического состава и содержания органического вещества. Указанные особенности состава отложений используются при корреляции аллювия террас территории Белоруссии.

Б. Ф. Михальченко (1966) использовал для корреляции горизонтов четвертичной толщи, сложенной русловыми песчано-гравийными, пойменными глинами и лессовыми породами различных рек Кузбасса, данные гранулометрического состава, содержания  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{SO}_4$ , Cl в вытяжках,  $\text{C}_{\text{орг}}$ , показания pH и емкости поглощения. Корреляция отложений облегчалась тем, что Кузнецкая котловина на протяжении антропогена характеризуется постоянством питающих провинций.

### Корреляция в бассейнах рек по тафономо-геохимическим данным

Для палеогеографических корреляций и реконструкций аллювиальных равнин важное значение имеет выделение тафономических типов и их ландшафтно-диагностических признаков. Такой подход был разработан в трудах И. А. Ефремова (1955), В. Г. Очева (1976) и других исследователей. В частности, В. Г. Очев применительно к тетраподам меловых отложений Нэмэтинской котловины в Монголии и триаса в Южном Приуралье выделяет следующие группы тафономических типов: в Приуралье — а) лабиринтодонтво-архозавровый комплекс пристрежневого аллювия, б) лабиринтодонтво-архозавровый комплекс субаэральной дельты, в) архозавровый комплекс пойм и прирусловых отмелей; в Монголии — а) комплекс цельноскелетных динозавров — прибрежная зона русел и кос, б) разрозненных скелетов динозавров и крокодилов — пристрежневые фации, в) танатоценозы черепов — старичная и затонная фации. Их тафономические ряды раскрывают палеообстановку аллювиальной равнины, позволяют осуществлять пространственные корреляции фациальных и ландшафтных обстановок, намечают ряд отличий аллювиальных палеоравнин различных платформенных и предгорных областей.

На наш взгляд, определенные возможности открывает этот метод в сочетании с геохимическими исследованиями костных остатков ископаемой фауны, особенно крупных млекопитающих, грызунов и рыб.

Автором совместно с П. Ф. Калиновским на территории Белоруссии в бассейнах Немана, Западной Двины, Припяти, Днепра исследовались местонахождения ископаемых млекопитающих, связанные с плейстоценовыми отложениями надпойменных террас, голоценовыми осадками пойм, а также палеолитическими стоянками. Изучались кости благородного и северного оленей, зубра, мамонта, бизона, шерстистого носорога, овцебыка, лося, лошади, кабана, бурого медведя, в золе которых спектральным количественным методом определялись концентрации марганца, титана, меди, никеля, свинца и ванадия. Сделаны следующие выводы.

Концентрации микроэлементов изменяются в зависимости от вида животного и его костного остатка. Так, максимальные содержания марганца отмечены в костях лося ( $360 \cdot 10^{-3}\%$ ), титана — в черепе овцебыка ( $18 \cdot 10^{-3}$ ) и большой берцовой кости лошади ( $17 \cdot 10^{-3}$ ), меди — в костях мамонта ( $2 \cdot 10^{-3}$ ) и благородного оленя ( $4,4 \cdot 10^{-3}\%$ ). Отмечается тенденция к повышению концентраций элементов в большой берцовой кости по сравнению с другими костями у мамонта, шерстистого носорога, лошади, кабана, с максимумом для марганца и меди у мамонта. Минимальные концентрации микроэлементов установлены в лучевых костях лошади. Повышенными содержаниями марганца и титана выделяются череп медведя, рога оленя и лося. Ванадий обнаружен лишь в челюсти лося и пятнистого оленя ( $1,1 \cdot 10^{-3}\%$ ).

При сопоставлении концентраций марганца, титана, меди в плечевых костях благородного оленя, рогах северного оленя и лося, связанных с верхнеплейстоценовыми и голоценовыми отложениями, отмечается относительное повышение концентраций микроэлементов в костях первых отложений, что связано с геохимическими особенностями палеоландшафтов этих периодов и может быть использовано для уточнения возраста ископаемых остатков и их переотложения.

Неодинаковы концентрации микроэлементов в одном и том же костном остатке одного и того же вида ископаемого млекопитающего, взятом из разновозрастных отложений, но в различных районах. Например, большие берцовые кости мамонта из верхнеплейстоценовых отложений близ г. Сморгони и д. Селище содержат соответственно (в  $n \cdot 10^{-3}\%$ ): марганца 360 и 20, титана 2,7 и 14, меди 2,0 и 2,8, никеля не обн. и 1,0. Отмечаются более высокие уровни концентраций марганца, титана, никеля и хрома в остатках млекопитающих из палеолитических стоянок бассейнов Днепра (Бердыж, Юревичи, Переседы) по сравнению с концентрациями из стоянок бассейна Десны (Елисевичи, Юдиново, Хотылево), обусловленные различиями палеогеохимических провинций, связанных в основном с песчаными почвогрунтами в первой и лессовыми грунтами во второй области. Сведения подобного рода позволяют уточнить ореолы распространения палеобиогеохимических провинций, а также пути и направления переноса костных остатков водными потоками.

Аналогичные костные остатки, взятые из горизонтов с различными условиями обводнения пород, показывают относительное снижение концентраций титана в 2 раза и возрастание марганца в 2,3 раза в обводненных отложениях по сравнению с сухими. В связи с этим необходимо учитывать возможные изменения в концентрациях микроэлементов, обусловленные условиями захоронения ископаемых остатков и постседиментационными геохимическими процессами.

Сравнение концентраций микроэлементов в костных остатках из палеолитических стоянок и коренных месторождений показывает резкое снижение содержания в первых марганца, титана, меди, никеля и ванадия, что обусловлено, как правило, повышенной выветрелостью и плохой сохранностью их костного материала. Поэтому остатки из стоянок вряд ли могут быть использованы для уточнения возраста отложений и их корреляции по данным спектрального анализа костей.

Систематическое накопление материалов по распространению микроэлементов в костных остатках позволит шире использовать их для решения корреляционных задач.

### Корреляция по биогеохимическим данным

Растительные ассоциации и их отдельные виды находятся в тесной взаимосвязи с почвами, подстилающими их горными породами, грунтовыми водами и др. Корреляционные связи между расте-

ниями, их флористическими, морфологическими, фитоценологическими и биогеохимическими особенностями, с одной стороны, и литогеохимическими, педогеохимическими и гидрогеохимическими показателями окружающей среды — с другой, всесторонне охарактеризованы в трудах В. И. Вернадского, А. П. Виноградова, Д. П. Малюги, В. В. Поликарпочкина и других исследователей. Эти связи лежат в основе биогеохимических методов реконструкций, корреляции и поисков полезных ископаемых.

Применительно к речным долинам, анализируя данные Б. В. Виноградова (1964), Д. П. Малюги (1947) и других исследователей, можно выделить следующие группы коррелянтов: растения — показатели аллювиальных фаций: приустьевой — *Bromus inermis*, старичных — *Carex aquaticus*, *Glyceria aquatica* и др.; растения — показатели древних пойм — *Artemisia herba alba*, древних стариц — *Salsola arbuscula*; растения — показатели определенных литологических типов пород в речных долинах: аллювиальных супесей — ассоциации астрагалового и бобовникового тугая, суглинков — ассоциации пырейного и гребенщикowego тугая; растения — показатели солевого и водного режима пойменных почв: солончаков — гидрогалитовая и эвгалитовая ассоциации; сероземов — эвксерофитовая растительность; растения — концентраторы отдельных химических элементов, показатели определенных типов месторождений: цинковой флоры — галмейная фиалка, галмейная ярутка и т. д., медной флоры — качим, мхи, никелевой флоры — гвоздика, папоротники и т. д.; изменение обычной окраски цветов, формы и цвета листьев, гигантизм или карликовость определенных видов растений — показатели повышенных концентраций меди, урана, бора и других элементов в самих растениях и в почвогрунтах на соответствующих месторождениях полезных ископаемых.

Остатки растений, находящихся в погребенных аллювиальных горизонтах и толщах, часто являются показателями палеогеографических условий их произрастания (климата, пресноводных и солоноводных условий дельт, водного режима и направлений древних речных потоков, характера заболачивания старичного водоема и т. д.). Такие растения выступают коррелянтами при прослеживании отдельных горизонтов, границы древней суши и морских водоемов. В ряде случаев по их рассеянному остаткам с учетом различных геологических, литологических и других коррелятивных признаков осуществляется поиск месторождений бурого и каменного угля, горючих сланцев, урановых и ванадиевых осадочных руд, пород, обогащенных редкими и рассеянными элементами.

Нам представляется, что накоплен обширный материал по биогеохимическим особенностям современных растений и их ассоциаций, широко применяемый в геолого-разведочном, геолого-съемочном, сельскохозяйственном и медицинском аспектах. Однако подобные сведения по погребенным остаткам растений еще недостаточны, что сдерживает решение ряда проблем эволюции биосферы, образования биолитов, реконструкции палеобиогеохимических про-

винций, а также биогеохимических методов корреляции применительно к древним погребенным осадочным толщам палеодолин и их аллювия.

### МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ И ГЛОБАЛЬНАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ ПО АЛЛЮВИУ

В истории земной коры речная деятельность играла значительную роль в миграции вещества, лито- и рудогенезе, формировании рельефа. Следы аллювиальной деятельности выявлены в толщах всех геологических периодов и во всех крупных геологических структурах земного шара.

Широко представлены погребенные речные и дельтовые отложения в дельтах современной Волги, Миссисипи, Дуная и других рек. В погребенных ложбинах ледникового выпаживания и размыва речные осадки известны во всех межледниковьях антропогена на территории континентального оледенения Европы, Азии и Америки. Отложения аллювиального и дельтового типа известны среди толщ палеоген-неогенового возраста (Прибалтика, Белоруссия, Крым, Кавказ, Приуралье, Средняя Азия, Сибирь, Лондонский и Парижский бассейны, террасы Юго-Западной Африки и Скалистые горы в Америке), мелового (Таджикистан, Атлантическое побережье и угольные толщи Монтана, Вайоминг и Альберта Северной Америки, серия Кванга в Анголе, молассовые и флишевые формации Франции и Англии), триасового (формация Сандфорд в США, Кёгерёд в Швеции), юрского (Дагестан, эстуариевая серия в Великобритании, слои Сальтвош в США), пермского (Донбасс), карбонового (Подмосковный, Карагандинский, Донецкий, Кузнецкий бассейны), девонского (формация Каст Хилл в США, Аппер олд ред сандстон в Великобритании, Русская платформа, Тува, Алтай), кембрийского (серия Чилховш в США) и докембрийского возраста (конгломераты Витватерсранда Африки, граптолиты Америки и Азии, удоканская серия Забайкалья, торридонские слои Великобритании, Карелия).

Сводки по погребенным четвертичным и дочетвертичным аллювиальным формациям содержатся в работах Л. Б. Рухина (1962), В. С. Яблокова (1973), Н. И. Марковского (1973), Г. Ф. Крашенинникова (1957), В. А. Кузнецова (1973б, 1978), Г. И. Горецкого (1970, 1980), М. Е. Томлинсона (Tomlinson, 1963), Е. С. Риды и У. Х. Дрисона (Reed, Dreeson, 1965), А. И. Аллена (Allen, 1965), К. Страшевской (Straszewska, 1968) и др.

Необходимо отметить, что в ряде указанных работ дается реконструкция географического положения древних речных потоков, ведется их сопоставление с современной речной сетью. Такое сопоставление, представляющее собой по существу корреляцию речного процесса и аллювиального литогенеза в пространстве и во времени, осуществляется главным образом исходя из геологических, палеогеографических и палеопотамологических данных, реже — по материалам минералогического и петрографического изучения аллювиальных отложений.

### Межрегиональная корреляция аллювия

Сказанное выдвигает проблему межрегиональной корреляции, основанную на данных изучения аллювия. В настоящее время геологические и геохимические аспекты данной проблемы лишь начинают разрабатываться. Она может решаться при следующих основных методических приемах: 1) анализе эрозионных врезов долин и литолого-геохимических особенностей аллювия различных террасовых уровней; 2) выделении и сопоставлении аллювиальных пачек на литолого- и фациально-геохимической основе; 3) уяснении общих черт палеогеографического, особенно климатического и тектонического, развития, отраженных в геохимических особенностях состава аллювиальных свит; 4) выяснении общих черт тенденций изменения строения и состава аллювиальных толщ, литологических и геохимических особенностей осадков вверх по разрезу каждого из выделяемых аллювиальных циклов и толщ в целом, т. е. необходимо опираться на общность тех признаков, которые объединяют геологическое, тектоническое и климатическое развитие сопоставляемых регионов, отраженное в общности поведения химических элементов, их форм миграции и ассоциациях в осадках рек.

В случае общего водораздела межрегиональная корреляция аллювия может быть дополнена и углублена специальным изучением корреляционных признаков, связанных с единством минералогических и геохимических особенностей размываемых пород водораздела и аллювия.

Межрегиональная геохимическая корреляция аллювия должна опираться на выделение и всестороннее освещение эталонных литологических, минералогических и геохимических разрезов аллювия отдельных регионов, построение общего схематического межрегионального литолого-геохимического профиля. Важным инструментом такой межрегиональной корреляции являются абсолютные и относительные возрастные датировки речных отложений по радиоуглеродному и палеомагнитному методам и соотношению их стратиграфического положения с международной стратиграфической шкалой.

При межрегиональной корреляции всегда надо учитывать специфику местных обстановок литогенеза, влиявших на геохимические особенности отложений. Общими же остаются данные абсолютных датировок, синхронность ритмичности и геохимической направленности процессов и доминирующего развития отдельных форм миграции и аккумуляции элементов.

Таким образом, при крупнорегиональных и глобальных корреляциях объектов, находящихся на значительном удалении друг от друга, из геохимических методов наиболее важны сопоставления, основанные на абсолютной хронологии, палеомагнетизме, изменениях уровней концентраций химических элементов и минералов в зависимости от палеоклиматических перемен. Приведем примеры развиваемых ныне подходов к решению обсуждаемой проблемы.

Л. Л. Розанов (1973) на основе закономерностей распространения неустойчивых минералов (эпидота, пироксенов и амфиболов) в аллювии в зависимости от чередований относительно теплого и холодного климата, определяющего степень их выветривания, предлагает использовать эти данные для стратиграфической корреляции аллювия различных речных террас и бассейнов на севере Русской равнины.

Закономерности поведения ассоциаций элементов с учетом климатических условий и кислотно-щелочных обстановок были положены в основу возрастного расчленения отложений и сопоставления крупных регионов. Н. С. Касимов, А. В. Евсеев (1977), исследуя аллювиально-озерные комплексы отложений, показали, что олигоценовые породы Казахстана характеризуются энергичной миграцией катионогенных элементов — Mn, Ni, Zn, Pb, Co, гумидной обстановкой и кислой средой; плиоценовые породы Северного Казахстана и юга Западной Сибири — концентрацией анионогенных элементов — V, Cr, Y, Cu, Mo, семиаридной обстановкой и щелочной средой, а Центрального Казахстана — несколько меньшей концентрацией этих микроэлементов из-за большей аридности климата. Плейстоценовые отложения указанных регионов выделяются накоплением Ni, Mn, Zn, Ti, Zr.

Сопоставление и корреляция континентальных и одновозрастных морских отложений неогена Приднестровья и Побужья производились по ряду признаков: 1) типам распределения химических элементов и их изменениям вверх по разрезу; 2) индикаторам Sr, Ba, B, V, Ga, Ni, Ti, Cu; 3) величинам пар химических элементов Ni : Co; Ba : Sr; Ga : V; Ti : Mn; Ti : V; Cu : Co; Ga : Mo; Ga : B, а также Ti : Zr; Ti : B; Sr : V; Sr : Co; Mn : Co; Mn : Sr; Mn : V; 4) по значениям соотношений Ni : Co; Cu : Co; Mn : Co; Mn : V; Ti : Sr в конкрециях. При этом учитывались фациальные комплексы отложений, минералогический состав терригенной и глинистой фракций, литологические особенности пород и геологические условия их формирования (Мельник, 1977).

При сопоставлении разрезов долин Палео-Дона и Палео-Волги отмечается сходство условий залегания и структур плиоценовых отложений, подчеркивается коррелируемость усманской свиты первой долины с нижнеплейстоценовым аллювием доакчагыльской долины Волги. Подобие аллювиальных врезов и аккумуляций Волги и Нила позволило сделать вывод о синхронности тектонических режимов в данных регионах, обусловивших незначительную расчлененность рельефа в миоцене и его дифференцированность, сопровождавшуюся морской трансгрессией в плиоцене (Обедиенцова, 1975).

При корреляции аллювиальных отложений различных угольных бассейнов весьма надежными признаками являются аналогичные растительные остатки и прослой с характерными микрокомпонентами в угольных пластах; надежными — содержания определенных петрографических типов углей в пласте, стадии углефикации, концентрации микроэлементов и показатели химико-технологиче-

ских свойств углей. Особое значение для корреляции в этих случаях имеет литопетрографическое и геохимическое изучение угольной гальки и легкой фракции шлиха на уголь в аллювиальных отложениях. Так, по исследованию угольной гальки были скоррелированы угленосные толщи Верхнесилезского и Львовско-Волынского угольных бассейнов (Turpaу, 1962).

Олигоцен-миоценовые отложения Белоруссии и Прибалтики сформировались в одних палеоклиматических условиях и близких палеогеографических обстановках. Автором совместно с С. Л. Шиманович проведено сопоставление минералогического состава отложений бурого угляной формации западной части Припятской впадины (Житковичский, Червоноозерский, Лельчицкий, Калининский и другие участки) и Калининградской области (разрезы г. Светлогорска, пос. Отрадное и Янтарное), представленной песками, алевролитами, глинами с рассеянным органическим веществом и горизонтами и линзами бурых углей общей мощностью до 115 м.

В Калининградской области формация сложена тремя комплексами отложений лагунно-дельтовых, речных и болотных условий олигоценового возраста; на территории Белоруссии — комплексом фаций: русел рек с относительно быстрым и замедленным течением, пойм, стариц, торфяных болот, заболачивающихся водоемов верхнеолигоцен-миоценового возраста и дельтовых отложений верхнего олигоцена.

В рассматриваемое время климат был теплый и влажный, рельеф, характерный для широких речных долин с обилием проточных болотных и озерных водоемов, способствовавших накоплению бурого угля, лигнита и сильногумусированных почв, чему благоприятствовал также тектонический режим, вызвавший регрессию моря в верхнем олигоцене и чередование осадков различного литологического состава. Источниками питания в Прибалтике явились девонские отложения, сносимые с севера и северо-востока, в Белоруссии — меловые и палеогеновые отложения со сносом главным образом с севера и кристаллические породы Украинского щита и Житковичского выступа, сносимые соответственно с юга и северо-запада.

В целом отмечается сходство ассоциаций основных тяжелых минералов рассматриваемых регионов (табл. 56), что связано, видимо, с аналогичными условиями речного осадконакопления. При переходе от верхнего олигоцена к миоцену в обоих регионах видна тенденция к снижению в отложениях концентраций устойчивых минералов — циркона, ильменита, граната, менее четко силлиманита, ставролита и незначительному увеличению неустойчивых — амфиболов, дистена. Этот переход в определенной мере отражает уменьшение степени выветривания на водоразделах и силы речных потоков, связанных с климатическими изменениями в сторону похолодания, переменах тектонического режима и перестройкой источников питания.

Из региональных различий характерны повышенные средне-

взвешенные содержания в песках Припятской впадины циркона, турмалина, амфиболов, дистена, силлиманита, Калининградской области — рутила, граната, ильменита, что отражает специфику питающих провинций. Эти различия также свидетельствуют о том, что, несмотря на наметившиеся изменения в соотношениях минеральных видов, питающие провинции в рассматриваемое время оставались по существу теми же. Опираясь на данные по устойчивости к абразии минералов, можно заключить, что в ряду минералов, повышенными содержаниями которых выделя-

Таблица 56

Средневзвешенное содержание минералов тяжелых фракций  
0,25—0,01 мм олигоцен-миоценовых отложений  
Белоруссии и Прибалтики, %

Минерал	Припятская впадина		Калининградская область	
	верхний олигоцен (16)*	миоцен (6)	олигоцен (1)	миоцен (8)
Циркон	18,3	15,9	15,0	11,6
Турмалин	7,3	5,4	1,2	1,2
Рутит	3,8	1,9	6,0	6,8
Эпидот	4,0	1,6	—	—
Гранаты	1,6	1,1	6,0	4,7
Амфиболы	0,6	0,8	0,3	0,5
Дистен	1,9	2,2	1,3	2,9
Силлиманит	2,8	1,9	1,5	1,6
Ставролит	0,6	0,6	0,8	0,7
Ильменит	39,4	33,3	55,9	48,7
Лейкоксен	6,4	14,6	9,5	9,2

\*) В скобках — количество проб.

ются осадки Прибалтики, преобладают наиболее устойчивые (ильменит, гранаты и рутит) по сравнению с такой же группой минералов Припятской впадины, где доминируют менее устойчивые (амфиболы, дистен, ставролит, силлиманит, андалузит, турмалин). Видимо, русловые процессы на территории Прибалтики характеризовались в то время большей силой потоков, рельеф водорозделов был несколько повышен по сравнению с рельефом Белоруссии. На этот вывод указывают также данные по выходу тяжелой фракции. Для осадков Калининградской области он колеблется в пределах 3,65—10,02% (среднее 6,88%), Припятской впадины — 0,12—0,78% (среднее 0,41%).

Таким образом, сравнительное изучение минералогического состава раскрывает как общие, так и специфические черты палеогеографических условий аллювиального литогенеза территории Прибалтики и Белоруссии в олигоцен-миоцене, что необходимо учитывать при корреляции их отложений.

Сравнительное изучение дельт Миссисипи и Меконга показывает сходные черты их геоморфологии и истории развития. По аналогии с миссисипскими спрямленными сегментами русла, имею-

щими возраст 400—1000 лет, можно судить о молодости долины р. Меконга (Kolb, Dornbusch, 1975).

Базальный аллювий I надпойменной террасы центральной и южной Англии имеет возраст  $25780 \pm 870 - 28225 \pm 330$  лет, II террасы — 57000—43000 лет. Эти отложения сформированы в условиях тундровой реки и по климатической обстановке, времени образования коррелируются с подобными отложениями Исландии и северной Канады (Castleden, 1977).

Для сопоставления аллювия нескольких регионов определенные возможности заключаются в корреляции по составу конкреций. Конкреционные комплексы, как отмечалось А. В. Македоновым (1957), устойчивы по своим признакам на больших территориях в пределах крупных географических зон, в то же время они изменчивы в пределах небольших отрезков геологического времени.

Корреляция аллювиальных отложений отдельных регионов может проводиться при сопоставлении морских и речных террас. Эти сопоставления ведутся на основе: 1) относительных высот террасовых уровней; 2) прослеживания взаимосвязей морских и речных террас; 3) анализа террасовых рядов континентального и морского генезиса; 4) выявления переходов морских осадков в конти-

Таблица 57

Сопоставление речных и морских террас побережья Кавказа (Кожевников, 1977)

Возраст	Террасы Каспийского побережья		Террасы побережья Черного моря		
	речные	морские	возраст	речные	морские
IV nk	I 5*) II 8—9 III 10—12	I 6—7 II 9—10	IV chn	I 2—3 II 5—7 III 10—12	I 2—3
III <sub>2</sub> hv <sub>2</sub>	IV 2—3 уровня 20—30 —	III 17—18 IV 25—26 —	III <sub>2</sub> neux III <sub>2</sub> kg <sub>3</sub>	IV 2—3 уровня 25—30 —	II 10—12 —
III <sub>2</sub> hv <sub>1</sub>	V 50—60 —	V 47—48 VI 73—78	? III <sub>1</sub> kg <sub>2</sub>	V 35—40 —	— III 20—25
III <sub>1</sub> hz <sub>2</sub>	VII 75—80	VII 78—80	? III <sub>1</sub> kg <sub>1</sub>	VI 45—50 —	— IV 30—35
II <sub>2</sub> hz <sub>1</sub>	VIII 90—100 IX 110—120	VIII 115—120 IX 150—160	II <sub>2</sub> eux <sub>2</sub> II <sub>2</sub> uz <sub>2</sub>	VII 55—60 —	— V 40—45
II <sub>1</sub> hz <sub>1</sub>	X 150—160	X 180—190	II <sub>1</sub> eux <sub>2</sub> II <sub>1</sub> uz <sub>1</sub>	VIII 65—80 —	—
II <sub>1</sub> ur	XI 180—200	XI 200—210	II <sub>1</sub> eux <sub>1</sub> ?	? —	VI 60—65
I <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	XII 220—230 —	XII 230—240 —	I <sub>2</sub> ch <sub>2</sub> ?	IX 110—120 —	VII 80—100 —
I <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	XIII 240—260 —	XIII 250—270 —	I <sub>1</sub> ch <sub>1</sub> ?	? —	VIII 130—140 —

\*) Номер и высота террас, м.

ментальные в пределах отдельных уровней по материалам наблюдений за гранулометрическими, литологическими, минералогическими и геохимическими особенностями осадков; 5) выяснения палеопотамологических закономерностей строения и развития дельтовых областей и т. д.

Связи речных террас с морскими в своей основе имеют в пределах одного региона геологическую и тектоническую природу, между регионами климатическую и меньше тектоническую, отраженную в общности изменения базисов эрозии в связи с колебаниями уровня Мирового океана. Пример таких корреляций — сопоставление террас Большого Кавказа, относящихся к разным морским акваториям (табл. 57).

### К проблеме глобальной корреляции аллювия

Приемы глобальной корреляции по речным отложениям не разработаны. Здесь отметим лишь те методические подходы и направления, на которых она может быть построена: 1) корреляция аллювиальных комплексов и формаций отдельных речных систем на основе сопоставления сходных по развитию крупных геолого-тектонических структур; 2) корреляция дельтовых и речных комплексов отложений на основе общности их морских и океанических акваторий; 3) корреляция аллювиальных и дельтовых отложений на основе схем палеопотамологического развития; 4) корреляция аллювиальных и дельтовых комплексов осадков с учетом широтной палеоклиматической зональности; 5) корреляция аллювиальных и дельтовых комплексов с учетом характера цикличности толщ и особенностей состава отложений, обусловленных космическими факторами, глобальными перестройками климата, изменениями уровня Мирового океана или всеобщей тектонической активностью; 6) корреляция аллювиальных и дельтовых комплексов отложений на основе синтеза взаимосвязей геологических, географических, космических и других процессов, отражающих глобальные эволюционные изменения в облике нашей планеты.

Важное значение для глобальной корреляции имеет анализ перерывов в осадконакоплении прибрежно-морских зон, часто фиксируемых развитием речных и дельтовых отложений, а также косвенные данные о возрасте речных отложений на основе их подстилая или перекрытия морскими осадками, датированными по фаунистическим остаткам.

Существенным для решения этих задач и разработки методических приемов корреляции являются на первой стадии исследования осадков современных рек и антропогенной палеопотамологии речных бассейнов континентов с учетом объединяющих их процессов и продуктов седиментогенеза и развития общих для них морских и океанических акваторий; на второй стадии — выявление аналогичных ситуаций среди более древних отложений.

Космическое картирование и наблюдения открыли широкие перспективы для корреляции аллювиальных отложений, речных

долин и их рельефа внутри крупных тектонических структур, корреляции аллювия различных структур, в том числе удаленных друг от друга регионов. По мере уточнения возрастного и пространственного положения крупных геолого-тектонических структур земной коры в пределах всей планеты расширяются возможности глобальной корреляции аллювия. Примечательно, что космические исследования открыли новые пути в выяснении связей речных долин с глубинным строением территории, что особенно важно для понимания наследования, эволюции речной сети и аллювиального осадконакопления в глобальном их распространении.

Для глобальной корреляции аллювия важно использовать: 1) данные абсолютной датировки аллювиальных формаций, в частности, по радиоуглеродному методу, дающему надежные результаты для пород с возрастом до 50 тыс. лет; 2) палеомагнитные материалы, отражающие инверсии магнитного поля в пределах всей планеты; 3) данные изучения свойств и состава магнитных шариков в аллювии, отражающих определенные стадии прохождения Земли через метеоритные пояса, выяснение геохимических особенностей распространения Ni, Cr и других элементов в осадках в связи с этим; 4) литолого-геохимические особенности состава пород аллювиальных формаций отдельных геологических периодов и эпох, концентраций Cu, Au — для докембрия, видов и типов  $S_{орг}$  — каменноугольного, Ca, Mg — мелового периода и т. д.; 5) признаки и закономерности направленного изменения содержаний микроэлементов и их ассоциаций в результате крупных климатических изменений палеогеографических обстановок аллювиального седиментогенеза; 6) нижние границы ложбин ледникового выпахивания и размыва и положение в ложбинах аллювиальных горизонтов и геохимические особенности состава их речных, озерно-речных осадков. Важное значение при этом имеет учет тенденций и закономерностей распределения Na, Mg, Fe, Al, S,  $S_{орг}$ , микроэлементов в породах в связи с эволюцией состава пород и геохимических процессов в истории развития осадочной оболочки и земной коры в целом, особенно на рубежах нижнего и среднего протерозоя, верхнего рифея и венда, верхнего палеозоя и мезозоя, на что указывал А. Б. Ронов (1971).

Предложенная Г. И. Горецким глобальная корреляция аллювия рек Европы (Западной Двины, Немана, Вислы, Одера, Эльбы, Рейна, Темзы, Сены, Роны, Дуная, Днепра), Азии (Оби, Енисея, Лены, Инда, Тигра, Евфрата), Америки (Миссисипи, Амазонки), Африки (Конго, Нигера, Нила) возможна на основе палеопотамологического изучения, так как бассейны этих рек связываются морскими акваториями, имеющими синхронные осадки. Стратотипическими районами такой корреляции могли бы быть Понто-Каспийский, Балтийский, Камчатско-Чукотский, Атлантический. Важно одновременное исследование изменений уровня Мирового океана на протяжении голоцена и плейстоцена, сопоставление морских и континентальных отложений не только антропогена, но и неогена, поскольку история многих крупных рек детально прослежена в

глубь веков, включая неоген; изучение ореолов распространения млекопитающих, насекомых, растений и связей их с отложениями суши и моря. Опыт широких палеопотамологических построений и корреляций бассейнов Волги, Камы, Днепра, Немана (Горецкий, 1964, 1970, 1980) — залог успешной глобальной корреляции аллювия в недалеком будущем.

Геохимическая корреляция при этом должна включать исследование закономерностей распространения химических элементов в аллювиальных свитах и фациях с целью сопоставления речных, дельтовых и морских отложений, продуктов выветривания на кон-

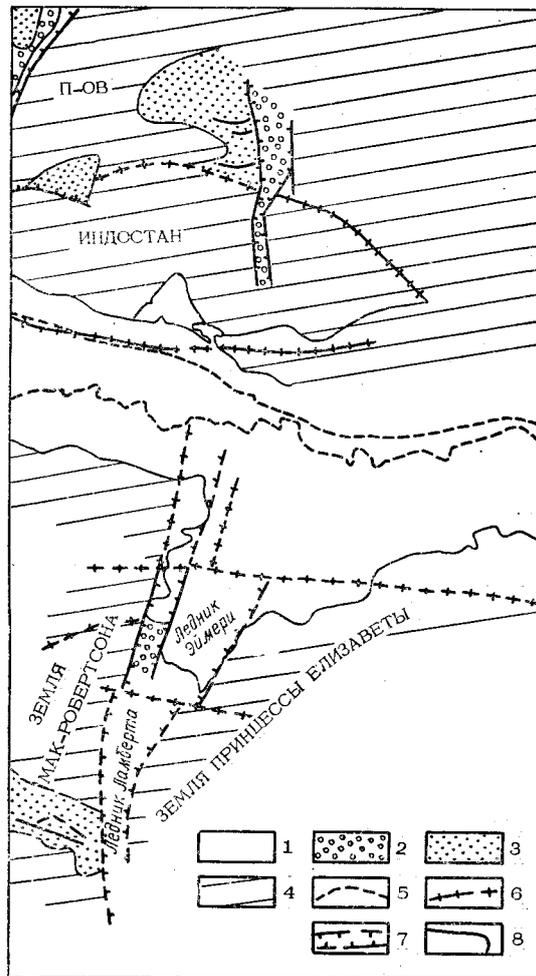


Рис. 35. Схема сопоставления геологического строения Индостана и Восточной Антарктиды (Равич, 1978): 1 — ледники, 2 — пермские угленосные отложения, 3 — протерозойские метаосадочные толщи; 4 — архейские кристаллические породы, 5 — береговая линия, 6 — разломы, 7 — границы грабенов, 8 — железорудные месторождения

тинентах и их переотложений в конечных водоемах стока; изучение геохимической дифференциации вещества в процессах аллювиального литогенеза в различных климатических зонах; разработку местных и межрегиональных палеогеохимических критериев четвертичных и неогеновых осадков; геохимическое картирование долинных ландшафтов с учетом техногеохимической деятельности человека.

При корреляции аллювиальных свит различных континентов необходим учет в составе осадков, во-первых, геохимических признаков и показателей общепланетарного характера, отмеченных ранее; во-вторых, геохимических особенностей пограничных областей, плит, подверженных тектоническим движениям и связанных с дрейфом континентов; в-третьих, геохимических построений и моделей, вытекающих из знания закономерностей состава отложений системы океан—дельта—река.

Для корреляции аллювиальных свит различных континентов особый интерес представляют исследования осадочных толщ ряда областей Антарктиды, Австралии, Африки, Южной Америки и Индостана, некогда составлявших континент Гондвану, в частности, пермские угленосные формации Земли Мак-Робертсона и Земли Принцессы Елизаветы в Антарктиде и юго-востока Индостанского полуострова, протерозойские толщи песчаников и сланцев с джепилитами этих же областей (рис. 35).

Плодотворными могут быть корреляционные геохимические сопоставления отдельных регионов востока Южной Америки и запада Африки — двух крупных рудных провинций, разделенных континентальным дрейфом, например ураноносных песчаников бассейна Параны в Бразилии и низов серии Беафорт в Южной Африке.

Примером глобальной корреляции аллювия можно считать сопоставления части нижнепротерозойских конгломератов, имеющих аллювиальный генезис. Образованные при сходных палеогеохимических и палеогеографических условиях, они имеют ряд общих металлогенических черт. Например, значительным сходством обладают толщи данного возраста Южной Африки и Алданского щита, характеризующиеся близкими по строению и составу литолого-геохимическими комплексами пород. На основе корреляции состава этих пород уточняются условия, процессы формирования и закономерности распространения древних рудоносных россыпей.

#### ЗНАЧИМОСТЬ КРИТЕРИЕВ КОРРЕЛЯЦИИ В РЕЧНЫХ БАСЕЙНАХ

Как следует из изложенного, геохимическая корреляция в речных бассейнах выделяется широкими сопоставлениями продуктов аллювиального литогенеза речных долин с продуктами и процессами бассейнов речной эрозии, а также областей конечного сноса речного материала. Такая корреляция имеет разные задачи и

вследствие этого опирается на различную геохимическую основу. В приведенных примерах показано использование для корреляции комплекса литологических, минералогических и геохимических признаков, в том числе среди геохимических коррелянтов — ассоциаций химических элементов. Ясно, что значимость отдельных химических коррелянтов или их ассоциаций не одинакова и зависит от целей корреляции и конкретных геологических и геохимических условий сопоставляемых объектов. Вместе с тем для определенных видов корреляции могут быть выделены наиболее типичные, типоморфные геохимические коррелянты.

Нами выделяются следующие группы коррелянтов и их типоморфные показатели:

I. Коррелянты аллювиальных отложений и пород площадей речной эрозии — ассоциации минералов в шлихах, парагенезисы химических элементов и их уровни в речном осадке, отдельных гранулометрических фракциях, терригенных и гипергенных минералах (см. табл. 25, 26) как показатели определенных типов пород.

II. Коррелянты аллювиальных отложений и процессов на водосборных площадях:

а) показатели геохимических типов выветривания — гидрослюда, каолинит, гидроокислы железа и алюминия,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}^+$ , гумусовые кислоты (кислый тип выветривания); сульфаты, карбонаты, фосфаты,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Mn}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Al}$  (сернокислый); кремнистые соединения,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{H}^+$  (силицитный); ферросиликаты, вивианит, сидерит,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  (глеевый); карбонаты,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  (карбонатный); галит, гипс, ангидрит,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  (хлоридно-сульфатный, гипсовый); сода,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Na}^+$  (содовый тип выветривания); величина  $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$  — показатель сиаллитизации;  $(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{CaO}) : \text{Al}_2\text{O}_3$  — степень выщелачивания;  $\text{FeO} : \text{Fe}_2\text{O}_3$  — показатели окисления; типоморфные ряды подвижности химических элементов коры выветривания; величины отношения гидролизатов к оксидатам — степень развития определенных стадий кор выветривания;

б) показатели эрозионных срезов кристаллических массивов на водораздельных площадях — величины отношений концентраций низкотемпературного элемента (произведение концентраций таких элементов) к высокотемпературному (произведение содержаний подобных элементов), например  $(\text{Ag} \cdot \text{Pb} \cdot \text{Zn}) : (\text{Mo} \cdot \text{Sn} \cdot \text{W})$  и т. д.;

в) показатели рудоносности коренных пород — ассоциации рудных минералов в шлихах, парагенезисы химических элементов и их уровни в речном осадке в целом, отдельных фракциях, терригенных и гипергенных минералах (см. табл. 25, 26) как показатели определенных типов руд.

III. Коррелянты продуктов пограничных речных, дельтовых и прибрежно-морских условий литогенеза: карбонаты, глинистые минералы, хлориды, сульфаты,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , а также  $\text{Na}$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{Mg}$  поровых растворов,  $\text{B}$ ,  $\text{Sr}$ ,  $\text{Li}$ ,  $\text{Rb}$ ,  $\text{Cs}$ .

IV. Коррелянты, основанные на общности палеоклиматических условий литогенеза — литогенная фация,  $\text{SiO}_2$ , гидрослюды (ледовый тип литогенеза), биолиты, аллиты, сиаллиты, ферриты,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$  (гумидный); сиаллитно-хлоридно-сульфатная фация, хлориды, сульфаты, карбонаты,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgNO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (аридный тип литогенеза); величины отношений концентраций гидролизатов и оксидатов,  $\text{Al}_2\text{O}_3 : \text{TiO}_2$ .

V. Коррелянты, основанные на общности палеотектонического режима литогенеза, — величины глинистости, выхода тяжелых минералов и особенности соотношения ассоциаций устойчивых и неустойчивых минералов.

Значимость геохимических критериев корреляции и выбор их групп, как видно из изложенного, определяются также масштабами и объемами корреляции. Чем они больше, тем эффективнее использовать подобие тенденций изменения величин одного или нескольких геохимических коррелянтов в вертикальном или горизонтальном разрезах сопоставляемых толщ или соответствующих им процессов седиментогенеза.

Проблема значимости коррелятивных показателей, степени проявления типоморфности, выделения основных и вспомогательных коррелянтов во многом определяется использованием математического аппарата в корреляции и выбором статистических величин, отражающих меру корреляционной взаимосвязи геологических объектов и процессов. Применительно к геохимической корреляции в речных долинах эта проблема только начинает исследоваться.

## ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ГЕОХИМИЧЕСКОЙ КОРРЕЛЯЦИИ В РЕЧНЫХ ДОЛИНАХ

Данные и методы геохимической корреляции используются при проведении геологической съемки и поисках полезных ископаемых, в решении проблем охраны окружающей среды.

### ГЕОХИМИЧЕСКАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ

Корреляция горных пород, структур, их возрастное расчленение представляют важный элемент геологической съемки.

Связь состава аллювия с составом эродированных пород бассейнов всесторонне изучена. С составом речных осадков хорошо коррелируются площади распространения различных генетических, литологических и петрографических типов пород и их металлогенические особенности, территории развития определенных геологических и тектонических структур, что позволяет широко использовать литогеохимические и минералогические закономерности состава аллювия при геологической съемке, особенно закрытых либо труднодоступных территорий водосборов.

Детальные геохимические исследования осадков речной сети позволяют выявлять многие дополнительные геологические и геохимические сведения, не обнаруживаемые при геологической съемке водораздельных пространств.

Дж. Вебб (Webb, 1970) описывает примеры, когда в Замбии при геохимической съемке речных осадков на площади, дренирующей кварциты и кристаллические сланцы, были обнаружены повышенные содержания меди, никеля, хрома, кобальта, связанные с обнаруженными позднее амфиболитами, а по титану, ванадию, хрому, никелю и галлию в речных осадках, эродировавших известняки, была установлена более древняя аргиллитовая формация. В Северной Ирландии по данным изучения распространения низких концентраций кремния, натрия и высоких хрома, никеля, ванадия в осадках рек, дренирующих ледниковые отложения, эродировавшие базальты, удалось раскрыть некоторые черты движения ледников и пространственного положения их осадков. В Великобритании по материалам геохимического изучения свинца и цинка в осадках рек уточнены площади распространения отложений триаса, мела и других возрастов, а по концентрациям молибдена —

территории развития определенных фаций морских сланцевых глин.

В Великобритании, в Корнуэлле, по содержаниям Р, Ве, Li, Сг, К, Sn во фракции —80 меш русловых осадков уточнены площади распространения гранитов разных интрузивных фаз, по Ni и Сг — остатков эффузивной кровли на интрузивных массивах, по Сг — районы близкого залегания к поверхности метаморфических зеленокаменных пород, сланцев и ультраосновных интрузий. Концентрации Ni и Сг в осадках рек Лизардского полуострова применялись для геологического картирования задернованной территории, при этом съемка по аллювию была более эффективной, чем педогеохимическая (Hosking, e. a., 1963, 1967; Mitchell, Mugenyi, 1965; Lee, Olinze, 1965).

Дж. Вебб и др. (Webb, Nichol, Thornton, 1965) учитывали концентрации меди в речных осадках для разделения площадей распространения норитов, гранитов, гнейсов, песков, песчаников, кремнистых и известковых пород различных горизонтов формации Немвала в Замбии. Показано, что содержание металлов в русловых осадках лучше, чем составы речных вод и пойменных почв, отражают площади распространения и особенности состава слагающих пород.

Высокие содержания в осадках рек К, низкие Cu и Ni указывают на области залегания гранитов, а повышенные концентрации Zn, Cu и Ni — осадочных пород. При этом в районах размытия осадочных пород положительные корреляции As и Pb отмечались вблизи зон минерализации, а Ba и Zn — около зон размыва рудных жил с Ba, Zn и Pb (Merefield, 1974).

По концентрациям хрома в речных и дельтовых осадках Японии определялись области развития гранитных и ультраосновных пород: соответственно  $0,9 \cdot 10^{-3}$  и  $42 \cdot 10^{-3}\%$  Сг во фракции менее 0,075 мм;  $1,9 \cdot 10^{-3}$  и  $43,4 \cdot 10^{-3}\%$  Сг во фракции крупнее 0,3 мм (Shiraki, 1966).

Повышенные концентрации Sn, Mo, W, Nb, Bi среди тяжелых минералов немагнитной фракции речных песков указывают на районы гранитов и скарнов, а Co и Сг — основных пород (Boyle, Shafiqullah, 1968).

Геохимические особенности отдельных минералов речных отложений помогают точнее устанавливать и прогнозировать площади распространения определенных типов пород и вести их пространственную корреляцию, учитываемую при проведении геологической съемки.

Тяжелые минералы речных осадков Лабрадора в Канаде (ильменит, кианит, силлиманит, гранат, роговая обманка, эпидот, магнетит, клинопироксен, биотит, апатит, циркон) использовались для картирования коренных пород на водоразделах, перекрытых ледниковыми и гляциоаллювиальными отложениями, при этом по распространению первых шести минералов устанавливались ореолы распространения руд определенных стадий регионального метаморфизма (Callahan, 1980).

По укрупнению или уменьшению величины обломков речных отложений выявляются соответственно области неотектонических поднятий либо опусканий. Поскольку часто движения имеют унаследованный характер, по особенностям гранулометрического спектра речных осадков могут быть не только уточнены неотектонические структуры, но и закартированы глубинные разрывные и пликативные нарушения, выявлены новые черты глубинного строения. Площадная глубинная съемка по аллювию особенно эффективна при пространственной увязке гранулометрического состава аллювия нескольких рек (Якубов и др., 1974).

С целью геохимической съемки масштаба 1 : 50000 А. В. Рабинович (1970) предлагает использовать следующие приемы геохимической корреляции: а) по первичным данным распределения химических элементов в литологических разрезах на основе сопоставления геохимических диаграмм; б) по средним значениям и дисперсиям концентраций элементов в схематизированных стратиграфических колонках на основе их сопоставления; в) по анализу рядов подвижности элементов; г) по геохимическим ассоциациям химических элементов.

Особое значение имеют геохимические корреляции по аллювию при глубинных геологических съемках различных стратиграфических горизонтов и структур.

#### **ГЕОХИМИЧЕСКАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ГРАНИЦ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПЕРИОДОВ**

В Международной программе геологической корреляции одно из центральных мест занимает разработка проектов: «Неоген-четвертичная граница», «Геологические события на миоцен-плиоценовой границе», «Докембрий-кембрийская граница». В решении этих проектов немалую роль могут сыграть геохимические данные по составу приграничных толщ осадков, а также палеогеографические построения, основываемые на геохимических наблюдениях.

#### **Неоген-четвертичная граница**

На территории Белоруссии и прилегающих регионов известны стратиграфические разрезы, возраст отдельных горизонтов которых трактуется неоднозначно. Например, озерно-аллювиальная толща близ д. Дворец на Днепре трактуется как нижнечетвертичная или верхнеплиоценовая.

На рассматриваемой территории при изучении применимости литогеохимических критериев для выделения границы было показано, что ее показателями могут выступать следующие особенности аллювия: преобладание монтмориллонита и каолинита, отсутствие полевых шпатов и биотита в неогеновых; господство гидрослюды и повышенная карбонатность и ожелезненность в антропогеновых осадках; различия в геохимических параметрах распределения микроэлементов; изменения окислительно-восстановительных усло-

вий; неодинаковые составы поровых растворов; закономерности распространения органического вещества и т. д. На основании использования форм распространения и соединений химических элементов в осадках, наиболее чувствительных и переменчивых в менявшихся условиях литогенеза на данном интервале геологического времени (ассоциации микроэлементов фракции меньше 0,001 мм, соотношения их концентраций в осадке, состав поровых растворов), отложения разреза Дворец трактуются автором как нижнеплейстоценовые предледниковые.

Для пограничных неоген-антропогеновых разрезов региона характерно распространение однородных озерно-аллювиальных толщ, часто не имеющих маркирующих горизонтов и труднодиагностируемых палеонтологическими методами. При использовании метода сплошного геохимического опробования при изучении этих разрезов на территории Белорусского Понеманья была выявлена геохимическая ритмичность, в пределах которой отмечается закономерное увеличение концентраций резистатов — циркония и титана, отражающее усиление гидродинамического режима палеопотоков, и гидролизатов — никеля, меди, хрома, ванадия и марганца, свидетельствующее об активизации процессов сорбции, окисления и взаимосвязей с органическим веществом. По характеру изменения концентраций и соотношений этих групп химических элементов были выделены горизонты, соответствующие условиям климатического потепления. По постепенному снижению концентраций хрома, никеля, ванадия, меди, титана и некоторому уменьшению содержаний органического вещества и карбонатов в осадках было показано направленные похолодание в связи с наступлением крупного покровного оледенения. Эти данные хорошо согласуются с материалами палинологической характеристики и ритмичности разреза и позволяют датировать отложения как нижнеплейстоценовые предледниковые (Боброва и др., 1977; рис. 36).

Совместно с Л. А. Бобровой и С. Л. Шиманович (1977) было исследовано распределение микроэлементов в пограничной неоген-антропогеновой озерно-аллювиальной толще бассейна Пра-Немана, где распространены озерно-аллювиальные, аллювиальные алевритово-глинистые осадки, относимые к плиоцену (белицкая и вселюбская серии), перекрываемые плейстоценовыми аллювиальными отложениями.

Показано, что антропогеновые и неогеновые отложения различаются по концентрациям ряда микроэлементов, величины которых отличаются от полуторной (для ванадия) до четырехкратной (у никеля); концентрации циркония, кобальта, меди близки, но несколько выше у неогеновых. Повышенные концентрации  $\text{Cr}$ ,  $\text{V}$ ,  $\text{Ni}$  и  $\text{Cu}$  совпадают с относительно теплыми климатическими условиями, по которым среди плиоценовых отложений выделено до 8 геохимических ритмов.

Геохимическими индикаторами для выделения верхнебелицких отложений служат концентрации  $\text{V}$ ,  $\text{Cr}$  и  $\text{Mn}$ , вселюбских —  $\text{Ti}$ . По этим данным границу между вселюбскими горизонтами надо про-

водить там, где серый алеврит переходит в зеленовато-серый. Климат в среднебеллицкое время был холоднее, чем в нижнебеллицкое (подробнее см. гл. IV).

Исследования геохимической ритмичности выдвигают ряд новых методических задач корреляции, связанных с сопоставимостью палеонтологических данных с геохимическими, выявлением этапов похолоданий в конце плиоцена — начале плейстоцена, на протяжении неогена в целом, и на этой основе разработки геохимических возрастных реперов.

Для разделения плиоценовых и плейстоценовых отложений Белоруссии используются также закономерности распределения мик-

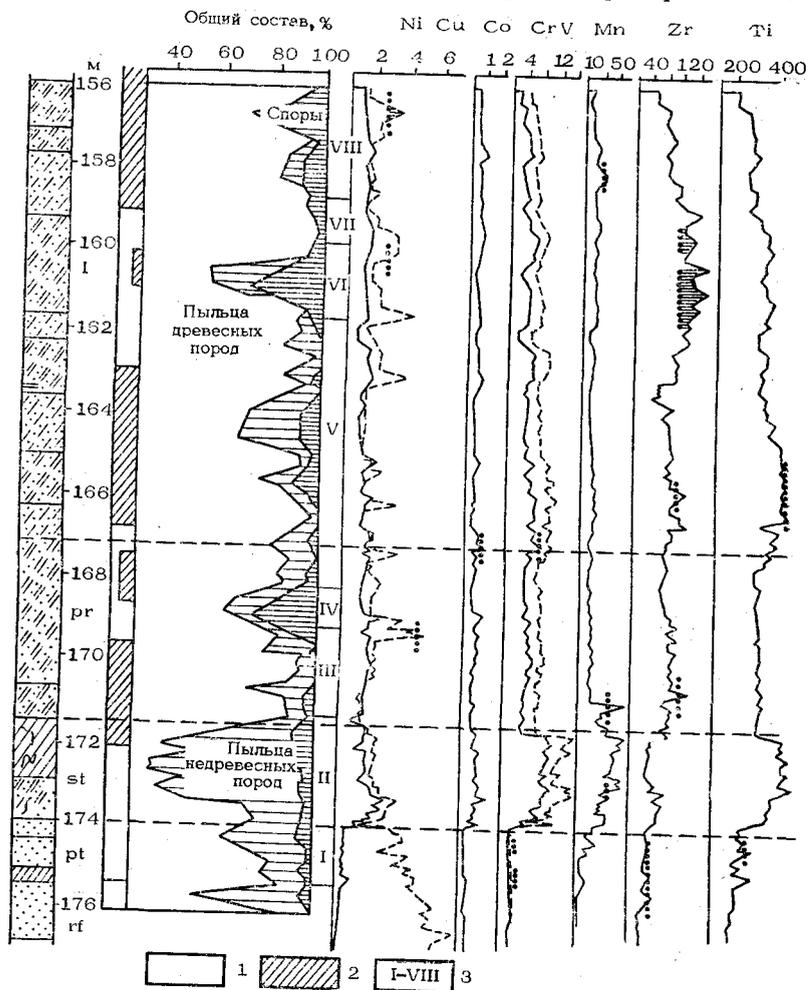


Рис. 36. Сопоставление характеристик осадков верхнего плиоцена, скв. 019, Белорусское Полесье (Горещкий, 1980): 1 — теплые фазы, 2 — холодные фазы по геохимическим данным, 3 — спорово-пыльцевые комплексы

роэлементов в глинах. Средняя концентрация V, Cr, Ni, Cu в плиоценовых глинах почти в два раза выше, чем в четвертичных; в них в 1,5 раза больше Ti, но меньше Zr. В четвертичных глинах в 6 раз больше Mn. В плиоценовых отложениях кривые распределения микроэлементов по фракциям 0,01—0,005; 0,005—0,001 и меньше 0,001 мм несут более дифференцированный характер, что указывает на значительное выветривание и переотложение осадков. В ряде разрезов западной части Русской платформы отмечаются повышенные содержания Ba и Sr в пограничных плиоцен-плейстоценовых горизонтах. Возможно, в этом большую роль играли особенности накопления карбонатов, так как усиление карбонатообразования характерно в это время для многих районов мира. Отложения среднего плиоцена содержат в 6 раз больше сорбированной меди, чем отложения верхнего плиоцена, когда климат изменился в сторону похолодания и аридизации. Содержание этой формы распространения элемента, очевидно, уменьшилось в результате снижения биологической активности и ослабления процессов выветривания к началу антропогена. Более высокие содержания кобальта в верхней части плиоценового разреза могут свидетельствовать о развитии окислительных процессов в связи с тектоническим подъемом территории (Kuznetsov et al., 1979).

Новые задачи в разработке методов и приемов геохимической корреляции на территории запада Русской платформы и Белоруссии включают: 1) корреляцию пограничных горизонтов неоген-антропогена Белорусского Полесья и Припятского Полесья; 2) выявление геохимической ритмичности погребенных старичных, озерно-старичных водоемов и аллювиальных свит в целом различных частей верхне-неогеново-нижнеплейстоценовой толщи; 3) выяснение тектонической ритмичности на основе исследования геохимических особенностей терригенного кварца, слюд, полевых шпатов и других минералов песчаных аллювиальных толщ; 4) исследование палеоклиматических изменений в верхнем неогене на основе геохимического изучения ассоциаций глинистых минералов, гипергенных новообразований, органического вещества, поровых растворов и т. д.; 5) определение геохимических особенностей карпологических остатков различных горизонтов; 6) построение геохимической модели аллювиального литогенеза для пограничного неоген-антропоценового времени; 7) дальнейшее сопоставление данных геохимической, палинологической, карпологической, литологической и других корреляций. На основе этих результатов будут выявлены новые черты палеогеографического развития Белоруссии, уточнено строение древней речной сети, источники и направления сноса речного материала, стратиграфическое подразделение нижнего плейстоцена, раскрыты перспективы в поисках полезных ископаемых, построены более детальные схемы и разрезы, характеризующие условия литогенеза в кайнозое и особенно на рубеже неогена и антропогена.

Ряд интересных методических подходов к проблеме геохимической корреляции в связи с выделением неоген-четвертичной границы изложен в работах К. И. Лукашева, В. К. Лукашева (1977) по

пограничному плиоцен-плейстоценовому литогенезу, В. К. Лукашева, В. А. Кузнецова и Л. И. Матрунчика (1974) по фациям кайнозоя запада Русской платформы.

### Расчленение и корреляция горизонтов на границе палеогена и неогена

Разделение «немых» монофациальных песчаных отложений на рубеже указанных геологических периодов связано со значительными трудностями. В качестве одного из способов предлагаются статистические параметры распределения минералов титана и циркония, постоянно присутствующих в этих отложениях. Установлено существенное различие в распределении содержания ильменита, рутила и циркона в различных свитах неогена и палеогена по величине  $\lambda$ . Поэтому средние содержания этих минералов и величины их стандартных отклонений в ряде случаев могут служить надежным корреляционным критерием (табл. 58).

Можно различать отложения бучакской свиты и осадки киевской и харьковской свит по средним содержаниям ильменита, значениям стандартных отклонений ильменита, рутила и циркона. Неогеновые отложения резко отличаются от осадков палеогена средними содержаниями и величинами стандартных отклонений ильменита и циркона (табл. 59).

Об использовании данных состава поровых растворов для выделения и прослеживания верхнеолигоценых дельт в основании полтавской серии на территории Белоруссии подробно говорилось в предыдущей главе.

Необходима дальнейшая детализация и сопоставление геохимических ритмов у осадков, сформировавшихся в континентальных пресноводных и морских лагунных солевых условиях, что важно для пространственного прослеживания погребенных палеодельт, изучения их конфигурации и уточнения границы между неогеном и палеогеном, а также для разделения трансгрессивных и регрессивных циклов песчаных толщ олигоцена, эоцена и т. д.

### Корреляция докайнозойского аллювия

В геохимическом отношении возрастная корреляция древних толщ земной коры Белоруссии отмечена в работах А. С. Махнач и др. (1976), В. Е. Бордона (1976). Указанные исследователи опираются на соотношение песчаных и глинистых горизонтов в разрезе, возрастные элементы-индикаторы песчаных и глинистых пород, характеристики подвижности микроэлементов, специфику геохимических профилей марганца и органического углерода, отношения окисного и закисного железа, коэффициенты накопления микроэлементов, их кларковые и фоновые концентрации и т. д.

В работе В. А. Кузнецова, Л. И. Матрунчика (1978) подчеркивается, что решение задач геохимической корреляции древних аллювиальных толщ территории Белоруссии во многом определяется

Таблица 58

Проверка гипотез о равенстве средних величин (критерий Стьюдента  $t$ ) и дисперсий (критерий Фишера  $F$ ), о принадлежности минералов к одной совокупности (критерий Колмогорова  $\lambda$ ) по минералам в палеогеновых и неогеновых отложениях Припятской впадины (Кузнецов, Матрунчик, 1978)

Минерал	Неоген—киевская свита	Неоген—харьковская свита			Неоген—бучакская свита			Киевская—бучакская свита			Харьковская—киевская свита			Харьковская—бучакская свита $\lambda$
		F	t	$\lambda$	F	t	$\lambda$	F	t	$\lambda$	F	t	$\lambda$	
Ильменит	6,19*	5,00	4,06	5,91	1,66	3,90	2,95	2,80	5,50	2,94	1,07	0,46	0,26	2,76
Рутил	2,62	2,20	1,90	2,43	1,29	0,70	0,75	2,08	0,95	1,40	1,01	0,00	0,34	0,92
Циркон	3,47	2,50	3,70	3,93	2,00	2,70	2,62	1,66	0,90	0,63	1,29	1,40	0,86	0,66

\* Выделены значения, где установлены существенные различия в средних величинах и дисперсиях и не подтверждаются принадлежность к одной совокупности при 95% ном доверительном интервале:  $t = 1,96$ ,  $F = 1,3$  — 1,4,  $\lambda = 1,358$ .

Таблица 59

Среднее содержание ( $\bar{X}$ ) и стандартные отклонения (S) распределения минералов в отложениях палеогенового и неогенового возраста Белоруссии (Кузнецов, Матрунчик, 1978), кг/м<sup>3</sup>

Минерал	Палеогеновые свиты					
	Неоген			бучакская		
	$\bar{X}$	S		$\bar{X}$	S	S
Ильменит	0,48	0,30		1,52	1,40	0,85
	0,09	0,11		0,19	0,25	0,14
	0,25	0,21		0,38	0,70	0,47
Рутил	1,65	1,50		1,52	1,40	0,85
	0,19	0,21		0,19	0,25	0,14
	0,51	0,54		0,38	0,70	0,47
Циркон	0,48	0,30		1,52	1,40	0,85
	0,09	0,11		0,19	0,25	0,14
	0,25	0,21		0,38	0,70	0,47

Формация		Генетическая ассоциация	Континентальная			Галсэйтовая				
Группа	Тип	Полезное ископаемое	Элювиально-дельтовый	Проплювиально-аллювиальный	Дельтовый	Прибрежный	Лагуновый	Мелководный	Шельфовый	Пелелуческий
Пелитовая (песчанки 50%)		Генетический комплекс Полезное ископаемое С (шунгиты и др.) P V, Ni, Co Pb, Zn Cu U Au Al								
Псаммитовая (песчанки > 50%)	Полимиктовый	Cu								
	Мезомиктовый	Cu Pb, Zn								
	Олигомиктовый	Cu Ag								
	Мономиктовый	U, Th Au								
Пелитовая (конгломераты > 50%)	Монокларно-во-конгломератовый	U Th Au С (алмазы)								1 2
	Полимикто-во-конгломератовый	Cu С (алмазы)								

Рис. 37. Схема формационной и генетической классификации терригенных пород раннего докембрия и связанных с ними полезных ископаемых: 1 — проявления рудной минерализации, 2 — рудные скопления и месторождения

выделением долинно-речных и дельтовых фаций, знанием закономерностей изменений состава осадков, связанных с выклиниванием отдельных горизонтов и переходами фациальных сред. Необходимо детальное изучение геологического строения толщ погребенного аллювия и его долин на основании идей и методов палеопотамологии и геохимии. Приведенные в работе материалы по древнему аллювию различных районов Русской плиты представляют ориентировочные корреляционные критерии при изучении аллювиальных процессов и их отложений в осадочной толще Белоруссии. Развитие работ по корреляции древнего аллювия необходимо для уточнения палеогеографических условий формирования осадочной толщи, поисков нефти, бурых и каменных углей, горючих сланцев, бокситов, россыпей редких элементов и т. д.

Реконструкция условий осадконакопления в докембрийских толщах имеет важное значение не только для выяснения палеогеографии и геохимии в этот период развития земной коры, но и для поисков ряда полезных ископаемых, в том числе связанных с аллювиальными и дельтовыми обстановками (рис. 37; Негруца, 1977). При уточнении дельтовой и прибрежно-морской обстановок используются величины отношений  $U : Th$ , уменьшающиеся в направлении к берегу, и в определенной степени содержания  $S_{org}$ , составляющие, например, для областей докембрийских дельт до 10% и эпиконтинентальных бассейнов до 30% в составе отложений терригенно-углеродистых формаций (Созинов, Сидоренко, 1977).

Наличие золото-ураноносных конгломератов часто является важным возрастным коррелянтом докембрийских отложений.

#### ГЕОХИМИЧЕСКАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ ПРИ ПОИСКАХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Применительно к поискам полезных ископаемых, на наш взгляд, необходимо выделять: 1) корреляции, основанные на реконструкции условий аллювиального литогенеза и рудообразования — процессов и обстановок речного сноса и седиментации, аллювиального и дельтового рудообразования, фаций и типов аллювия, разделения пресноводных и морских обстановок в областях дельт; 2) корреляции, основанные на реконструкциях геологических условий и геохимических процессов на водосборных площадях по данным изучения речных отложений — состава пород и геологического строения бассейнов эрозии и источников сноса, палеоклимата, древних тектонических движений, металлогенической специализации территорий; 3) корреляции, основанные на прямых и косвенных поисковых признаках; 4) корреляции с учетом техногенных воздействий на поиски полезных ископаемых в речных долинах. Детально указанные аспекты охарактеризованы в работе В. А. Кузнецова (1976). Рассмотрим лишь некоторые дополнительные вопросы.

Необходимо подчеркнуть, что при поисках полезных ископаемых еще недостаточно используются приемы дальней геохимической корреляции, учитывающие сходные черты геохимических обста-

новок рудогенеза, общности геохимической миграции и концентрации химических элементов, учета процессов, мобилизующих рудное вещество в системе коры выветривания — речная долина — конечные водоемы речного сноса.

### **Корреляции при поисках механогенных месторождений**

Механогенные месторождения включают две группы: 1) литогенные — скопления валунного, гравийно-галечного материала, песка, глин, бокситов; 2) россыпные — золота, платины, олова, титана, редких земель и других химических элементов, а также алмазов и разнообразных драгоценных и полудрагоценных камней.

При поисках месторождений первой группы используются следующие корреляционные признаки:

1. Для скоплений валунного материала — связи их месторождений с речными долинами в областях распространения четвертичных ледниковых отложений, главным образом моренного генезиса; участками речных долин с развитием фации перлювия.

2. Для месторождений гравийно-галечного материала — приуроченность к областям перебива рекой отложений морен, флювиогляциальных зандров в зонах четвертичных оледенений на равнинах; к участкам эрозии изверженных, метаморфических и осадочных пород — в предгорьях и горных областях; к русловым, пойменным фациям, террасам, погребенным речным долинам.

3. Для месторождений песка — их связи с участками речных долин в местах перебива зандровых, прибрежно-морских, озерных и эоловых образований; с районами распространения кор выветривания кислых пород; с равнинным рельефом, слабым тектоническим режимом, гумидным климатом, усиленной дифференциацией и переотложением рекой песчаного материала, с особенностями вещественного состава песков (гранулометрический спектр, химический состав, наличие примесей и т. д.), определяющими применение песков для дорожного строительства, производства бетона, цемента, абразивов, стекла и т. д.; с повышенными концентрациями тяжелых минералов — продуктов попутного обогащения и извлечения редких и рассеянных элементов методами принудительной дифференциации; с участками развития русловой, пойменной фаций, горизонтами базального аллювия и т. д.

4. Для месторождений глин и бокситов — отношение к корам выветривания; приуроченность к поймам, старицам и болотам, горизонтам аллювиальных и озерно-аллювиальных отложений на террасах и в дельтовых областях; парагенезис с угленосными, меденосными отложениями, с перигляциальными областями развития лессов; взаимосвязи ряда элювиальные — делювиально-пролювиальные — озерно-болотные — карстовые — аллювиальные бокситы, преимущественно развитые в верховьях рек и речных систем; признаки переотложения каменноугольных, меловых, палеогеновых и других бокситов; зависимость химического и минералогического со-

става глин и бокситоносных пород от их использования в народном хозяйстве и т. д.

При поисках месторождений группы россыпей учитываются следующие корреляционные признаки: связи между коренными месторождениями на водосборных площадях и повышенными концентрациями их рудных элементов в аллювии. в форме механических, водных, солевых ореолов и потоков рассеяния в речной долине; приуроченность ореолов и аномалий химических элементов и минералов к определенным формам рельефа речной долины, участкам гидросети и потока, русловой и пойменным фациям, отражающим фациальные, геоморфологические и гидродинамические факторы и процессы их концентрации; наличие типичных ассоциаций химических элементов и их минералов, характеризующих специфические россыпные концентрации; струйчатый характер распределения рудного компонента и сопровождающих его минералов и химических элементов-спутников; закономерности распределения аномальных концентраций в разрезе (связь с базальной фацией) и по площади речной долины (русловые и косовые россыпи, уменьшение концентраций рудного компонента вниз по течению потока); взаимосвязи механогенных, гидrogenных и биогенных ореолов рассеяния и концентраций химических элементов, сопровождающих россыпное месторождение; связи россыпей драгоценных камней с их коренными источниками — пегматитами, гидротермальными жилами, метасоматическими телами, трубками взрыва и т. д.; взаимосвязи элювиальных, делювиальных, пролювиальных и аллювиальных россыпей драгоценных камней и минералов в речных долинах и их водосборах.

### **Корреляция при поисках биогенных месторождений**

При поисках угольных месторождений широко применяется комплекс корреляционных признаков и приемов, включающих анализ цикличности отложений различного литологического состава и фаций, выделение ритмов разнообразного порядка; прослеживание отдельных ярусов, фациальных, тектонических и палеогеографических зон в пределах аллювиальных и дельтовых формаций; анализ фаунистических и флористических ископаемых остатков, отражающих возраст отдельных горизонтов и их фациальную принадлежность; выделение и прослеживание каолиновых (тонштейновых) прослоев и их признаков — цвета, твердости, излома; учет особенностей распределения микроэлементов в углистых включениях, а также морфологии прослоев и их положения в угленосной толще; анализ конкреций — их формы, размеров, физических и химических свойств, минерального состава, ассоциаций микроэлементов, их положения в разрезе и фациальных особенностей формирования. Ведущей в этом комплексе является корреляция по самим углистым прослоям и горизонтам на основе характеристик угольного пласта и вещественного состава угля (табл. 60).

Вещественно-петрографический состав, рассеянное органическое вещество (РОВ) и фациально-палеогеографические условия осадонакопления в юрских отложениях Мангышлака (Жукова, Калугин, 1978)

Фациальная обстановка	Возраст	Литологическая характеристика отложений	Литон %	Состав РОВ по группам					Генетический класс
				альгиниты	микститы	витриниты	фосфориты	лейтиниты	
<i>Аккумулятивная низменная равнина</i>									
Озерно-болотная Озерно-пойменная Пойменная	J <sub>2</sub> bj <sub>1</sub>	Глина	4,58	—	68	25,5	1,5	5	Сапропелит-гумит, Д <sub>1</sub>
	J <sub>1</sub>	Глина	0,89	59	—	34	3	4	Гумит-сапропелит, Е
	J <sub>2</sub> bj <sub>1</sub>	Аргиллит, алевролит, песчаник	0,96	—	39—71	19—39	9—14	1—6	Сапропелит-гумит, Д <sub>2</sub>
Проловиально-русловая Русловая	J <sub>1</sub>	Песчаник, алевролит	1,93	—	57	28	11	4	«
	J <sub>1</sub>	Песчаник	0,99	—	65	32	2	1	«
	J <sub>1</sub>	Песчаник	0,62	—	51	30	11	8	«
<i>Прибрежная равнина, заливаемая морем</i>									
Дельтово-лагунная Прибрежно-морское мелководье с пониженной соленостью	J <sub>3</sub> cl <sub>1</sub>	Глина	1,17	—	80	15	3	2	Сапропелит-гумит, Д <sub>1</sub>
	J <sub>3</sub> cl <sub>1</sub>	«	1,06	45	—	43	6	6	Гумит-сапропелит, Е
	J <sub>2</sub> bj <sub>1</sub>	«	0,99—	—	62—77	15—33	3	2—5	Сапропелит-гумит, Д <sub>1</sub>
	J <sub>2</sub> bt <sub>2</sub> J <sub>2</sub> bt <sub>3</sub> —J <sub>3</sub> l	Глина, алевролит Глина	1,22 0,83	84	—	12	2,5	1,5	Гумит-сапропелит, Е
			1,06	—	93	4	2	1	«
<i>Прибрежно-морская обстановка</i>									
Мелководье шельфа с нормальной соленостью	T	«	4,96	90	—	4	1	5	Собственно сапропелит, Г

В биолитах угольного ряда накапливаются Ge, V, Mo, U, Ga, Be, редкоземельные элементы, представляющие интерес не только в корреляционных целях, но и для поисков их концентраций в углях, имеющих промышленное значение.

Аллювиальная седиментация имела значительное развитие при углеобразовании в карбоне на территории Донбасса. П. В. Зарицким (1974) была показана прямая корреляция между величинами коэффициентов угленосности и конкрециенности, что позволило использовать материалы по конкрециям для прогнозов и поисков продуктивных толщ. Интересно отметить, что карбонатные конкреции горизонтов C<sub>1</sub><sup>3</sup> и C<sub>2</sub><sup>5</sup>—C<sub>2</sub><sup>7</sup> различаются по составу (соответственно FeCO<sub>3</sub> — 68,82 и 54,75%, CaCO<sub>3</sub> — 11,65 и 31,56, MgCO<sub>3</sub> — 19,36 и 12,85%), что обусловлено неодинаковыми ландшафтными и фациальными обстановками литогенеза.

Л. А. Адмакин (1975) выделил два типа германиеносных концентраций в углях: фациальный, связанный с угольными месторождениями дельтовых фаций, и афациальный, приуроченный к угольным образованиям пойм, стариц и предгорных шлейфов. Установлено, что содержания германия в первом случае вышескарковые и тяготеют к коллинитовым и преколлинитовым разностям углей, четко отражая распространение дельтовых отложений. Это имеет корреляционное значение и используется при поисках скоплений германия. Во втором случае закономерностей в распределении данного элемента не отмечено.

В последнее время обращалось внимание на образование в бичевнике глициобаров — валунно-галечных скоплений под действием льдов при весеннем половодье рек, создающих запруды и условия для заболачивания отдельных участков долин и торфонакопления. Такие бары в ископаемом состоянии могут учитываться для корреляций в связи с поисками угленосных горизонтов (Япаскурт и др., 1977).

**Поиски нефтяных месторождений.** Ловушки нефти седиментационного генезиса часто связаны со структурами и отложениями эрозионно-аккумулятивной деятельности водных потоков в условиях речных долин, дельт и аванделът. В долине эти ловушки приурочены к русловой фации и имеют полосчатый тип залежи либо к пойменной фации с соответствующим шнурковым типом залежи нефти.

Коррелянтами при поисках месторождений нефти и газа могут выступать следующие группы показателей: I — геологические — связи залежей нефти и газа с погребенными речными долинами и дельтами, приуроченность к отложениям русловой и пойменной фаций, преемственность и наследование речных долин в ходе геолого-тектонического развития региона и т. д.; II — литологические — наличие слоистости и знаков ряби речного и дельтового типа, чередование литологических типов отложений, типичных для долин и дельт, наличие фаунистических и флористических остатков и т. д.; III — геохимические — наличие нефти, нефтяных кислот, асфальтенов, метана, сероводорода, йода, брома; бактерий, окисляющих металлы; величины окислительно-восстановительного потенциала,

восстановленности горных пород; неорганические комплексы и ионы нефтегазоносных вод —  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{Br}$ ,  $\text{J}$ ,  $\text{V}$ , радиоактивные элементы и др. Применяются в качестве коррелянтов и поисковых признаков также величины отношений серы и асфальтенов, изотопов углерода и азота, хлора и сульфатов и т. д.

Вклад в разработку геохимических коррелянтов и показателей, применяемых при поисках нефтяных и газовых месторождений, внесли многие советские и зарубежные геологи, результаты которых под углом рассматриваемой проблемы обобщены в работе В. А. Кузнецова (1976).

На основе анализа мощностей и распространения пород, литологических особенностей горизонтов восстанавливаются и коррелируются контуры палеоделт, уточняются местоположения смен фациальных типов отложений, а также по изменениям окраски пород от серо-зеленой к пестроцветной и другим признакам — положение границы водораздельных пространств. Составление карт палеорельефа суммирует знания об условиях образования залежи, а закономерности корреляции пространственно-временного распространения пород-коллекторов конкретизируют площади опоскования. Пример такого подхода находим в работе М. В. Проничевой и Г. Н. Саввиной (1975).

А. В. Жукова, А. К. Калугин (1978) отмечали различия состава рассеянного органического вещества в зависимости от фациальной обстановки осадконакопления нефтегазоносной толщи юрского возраста на Мангышлаке, примененные для корреляции и прогнозов залежей нефти и газа.

### Корреляция при поисках рудных месторождений

При поисках коренных месторождений руд по аллювию используется комплекс коррелятивных показателей, включающих следующие группы: I — геологические — особенности развития речной сети в областях распространения коренных пород различных тектоно-магматических циклов, сопровождавшихся оруденениями; приуроченность долин к зонам тектонических нарушений; наличие аллювиальных россыпей металлов, которым соответствуют определенные типы коренных рудных месторождений этих металлов; II — литологические — нахождение среди аллювиальных отложений обломков с рудой; обломков с признаками серецитизации, окремнения, альбитизации, ожелезнения и других вторичных изменений пород, часто сопровождающих оруденения; наличие минералов — спутников руд и т. д.; III — геохимические — распространение в речных осадках аномалий металлов и их коренных месторождений на водосборных территориях, повышенные концентрации химических элементов и их ассоциаций, сопровождающие аллювиальные аномалии и коренные месторождения, геохимические особенности состава отдельных минералов, гипергенные новообразования и т. д.; IV — геофизические — радиоактивность, электропроводность и другие свойства и характеристики речных осадков.

Химические элементы — индикаторы коренных руд, определенные в речных отложениях, их отдельных гранулометрических фракциях, минералах, химических экстрактах, позволяют коррелировать речные осадки, проследить аллювиальные ореолы рассеяния и по ним находить коренные руды, восстанавливать и коррелировать процессы седиментогенеза рек и выветривания коренных руд на водоразделах. Дополнительными данными, применяемыми при поисках коренных руд, могут выступать результаты сопоставлений литогеохимических, гидрогеохимических, биогеохимических и геохимических ореолов рассеяния. Детально эти вопросы рассмотрены в работе В. А. Кузнецова (1976).

**Поиски месторождений цветных металлов.** Для прослеживания и определения продуктивности аномалий и россыпей обычно выясняются местные и региональные корреляционные зависимости между аномалией и металлоносностью россыпей и металлогенической спецификой различных генетических типов коренных пород и руд, между характером потоков рассеяния в речной сети (длина потока, контрастность и концентрации металлов, сопутствующих элементов в них и т. д.) и положением россыпей в долине, порядком водотоков и т. д. Такая корреляция способствует не только правильной оценке перспектив россыпеобразования, но и выбору сети опробования, решению других практических задач, связанных с поисками россыпей и коренных месторождений по аллювию.

М. Тоухид (Touchid, 1964) показал, что высокие содержания ( $n \cdot 10^{-4}\%$ ):  $\text{Mo}$  15—32 при фоне 1,5,  $\text{Zn}$  180—1200 против 120,  $\text{Cu}$  25—32 при фоне 20,  $\text{Pb}$  25—280 против 20 в аллювии связаны с размывом гранитных плутонов и их зонами минерализации со свинцово-цинково-медно-серебряными жилами и молибден-шеелитонными грейзенами.

Дж. Вебб (Webb e. a., 1965) отмечал, что в ряде районов Замбии лишь по содержанию в речных осадках хрома возможно обнаружение хромитов, а в Англии по мышьяку — зон развития оловомеденосных жил.

В поисковом отношении весьма показательна корреляция ореолов рассеяния с коренными месторождениями по микроэлементам в железомарганцевых гипергенных налетах на речной гальке. Так, вблизи сульфидных месторождений в Джорджии (США) в налетах на гальке с окислами железа в водотоках выше зоны оруденения отмечены  $\text{Zn}$  и  $\text{Ni}$ , а ниже зоны — повышенные содержания  $\text{Cu}$ ,  $\text{Co}$ ,  $\text{Ni}$ ; в гальке с окислами марганца выше зоны —  $\text{Co}$  и  $\text{Ni}$  и ниже ее — повышенные концентрации  $\text{Zn}$ . Высокие величины отношений  $\text{Zn}$ : ( $\text{Mn} + \text{Fe}$ );  $\text{Cu}$ :  $\text{Mn}$ ;  $\text{Pb}$ :  $\text{Fe}$  использованы в качестве показателей размыва рудной минерализации (Carpenter e. a., 1978).

При изучении фракции —80 меш русловых отложений Корнуэлла (Великобритания) установлено, что при наличии прямых корреляционных связей  $\text{Sn}$  с  $\text{Cu}$  и  $\text{As}$  эти отложения могут быть увязаны с оловорудными месторождениями корнуэллского типа, а при их отсутствии — с другими типами коренных руд (Dunlop, Meyer, 1978).

При корреляции состава аллювия и состава размываемых пород бассейна эрозии для поисков полиметаллических месторождений широко используются формы нахождения элементов в речном осадке. При этом учитывается, что формы с наибольшим концентрированием элемента в осадке часто меняются в зависимости от его удаленности от месторождения. Например, свинец в речном потоке рассеяния на расстоянии до 1 км от месторождения преимущественно концентрируется в новообразованных гидроокислах железа (в сорбированной форме, в виде окиси свинца и пироморфита), а далее 1 км он главным образом связывается с органическим веществом (в водорастворимой и сорбированной формах, в составе металлорганических соединений и др.). Эти корреляционные особенности миграции свинца использованы при поисках его месторождений в Эстонии (Антропова, 1975).

Приемы геохимической корреляции являются решающими при поисках и прогнозах осадочных месторождений цветных металлов, особенно стратиформного типа, часть из которых связана с дельтовыми обстановками рудогенеза. Весьма важна при корреляции механических ореолов рассеяния в речной сети с коренными месторождениями их связь с водными ореолами и аномалиями — показателями близости рудного месторождения (табл. 61).

В аллювиальных комплексах отложений брестского и венедского возрастов антропогена Белорусского Понеманья были выявлены аномалии и повышенные концентрации Cu, Co, Mn, V и Ti, представляющие интерес для поисков коренных рудных месторождений в

Белорусском кристаллическом массиве по аллювиальным ореолам рассеяния. С целью выяснения условий формирования аномалий и разработки поисковых и корреляционных критериев В. А. Кузнецовым и др. (1976) были изучены микроэлементы в минералах фракции 0,25—0,1 мм из габброидов массива и аллювиальных осадков венедского возраста бассейна Немана, сформировавшихся в ложбинах ледниковой экзарации. Значимость различий концентраций элементов оценивалась по *t*-критерию. Этому предшествовало сравнение наблюдаемой дисперсии с аналитической по *F*-критерию при уровне значимости 0,05%. По *t*-критерию различия содержания титана в амфиболах габброидов и аллювия незначимы, магнетит аллювия содержит его больше, чем магнетит габброидов. Содержания ванадия в магнетитах габброидов выше, чем в этом же минерале из аллювия; в ильменитах и амфиболах его концентрации близки. В целом в минералах аллювия больше хрома, но по его содержаниям в магнетитах аллювия и габброидов минералы неразличимы. По ильменитам и амфиболам концентрации марганца в сравниваемых объектах одинаковы, магнетит аллювия по сравнению с магнетитом габброидов содержит его больше. Содержания никеля в сравниваемых минералах аллювия и пород фундамента по *t*-критерию неразличимы. Медь концентрируется в значительных количествах в пиритах. Ее содержание в аллювиальных магнетитах несколько выше, чем в габброидах, а в ильменитах и амфиболах существенно не различается. Количество циркония в минералах сравниваемых объектов близко, за исключением гранатов, в которых отмечаются повышенные концентрации в аллювии.

Таким образом, было установлено сходство амфиболов и ильменитов по V, Mn, Ni, Cu, Zn, Ti и менее четко — магнетитов по Ni, Cr, Zr для пород фундамента и аллювия. Процессы транспортировки и переотложения привели к некоторому накоплению Ti, Mn, Cu и потере Zr в магнетитах.

Эти данные наряду с геологическими и палеогеографическими наблюдениями свидетельствуют о том, что венедский аллювий в погребенных долинах сформировался за счет эрозии кристаллического массива и некоторого перемыва белорусской морены, имевшей локальный характер и обогащенной продуктами выветривания пород массива, а осадки аллювия не имеют признаков транзитного характера.

Наибольшие концентрации микроэлементов в озерно-аллювиальных и гляциоаллювиальных венедских отложениях связаны с фракцией <0,01 мм. Сравнение средних показателей распределения микроэлементов в этой фракции с их содержаниями в такой же фракции речных осадков аномальных зон показывает, что концентрации Co в последних в 3 раза, V в 2, Ti в 1,5, Ni в 1,4 раза выше среднего, Cu — около среднего. Поэтому при поисковых работах данная фракция рассматривается как возможный концентратор рудных минералов.

Аномальные ореолы рассеяния и концентрации в местах размыва пород белорусской морены и кристаллического массива пред-

Таблица 61

Элементы-индикаторы водных ореолов рассеяния месторождений  
(Беус, Григорян, 1975)

Месторождение	Интенсивно окисляющиеся рудные тела	Слабо окисляющиеся рудные тела
Медноколчеданное	Cu, Zn, Pb, As, Ni, Co, F, Sc, Se, Ge, Au, Ag, Sb	Zn, Pb, Mo, As, Ge, Se, F
Полиметаллическое	Pb, Zn, Cu, As, Mo, Ni, Ag, Cd, Sb, Se, Ge	Pb, Zn, As, Mo, Ni
Молибденовое	Mo, W, Pb, Cu, Zn, Be, F, Co, Ni, Mn	Mo, Pb, Zn, F, As, Ni
Вольфрамо-бериллиевое	W, Mo, Zn, Cu, As, F, Li, Be, Rb	W, Mo, F, Li
Ртутно-сурьмяное	Hg, Sb, As, Zn, F, B, Se, Cu	Ag, As, Zn, B, F
Золоторудное	Au, Ag, Sb, As, Mo, Se, Pb, Cu, Zn, Ni, Co	Ag, Sb, As, Mo, Zn
Оловорудное	Sn, Nb, Pb, Cu, Zn, Li, F, Be	Sn, Li, F, Be, Zn
Титано-магнетитовое	Ti, Fe, Ni, Co, Cr	Ni, Fe
Сподуменное	Li, Pb, Cs, Mn, Pb, Nb, Sr, F, Ga	Li, Rb, Cs, F
Медно-никелевое	Ni, Cu, Zn, Co, Ag, Ba, Sn, Pb, U	Ni, Zn, Ag, Sn, Ba
Бериллиево-флюоритовое	Be, F, Li, Pb, W	Be, F, Li
Барито-полиметаллическое	Ba, Sr, Cu, Zn, Pb, As, Mo	Ba, Sr, As, Mo

ставлены двумя видами: механическим, связанным с концентрацией обломков пород и минералов массива, и химическим—солевым, обусловленным адсорбцией микроэлементов в глинистой составляющей осадков либо в горизонтах ожелезнения. По отношению к аллювиальным процессам ожелезнение может иметь эпигенетический характер и быть связанным с подтоками глубинных вод.

Для выяснения характера аномалий и уточнения корреляционных поисковых признаков В. А. Кузнецовым совместно с С. Л. Шиманович и Г. А. Шимко (1979) изучены формы нахождения микроэлементов в аллювии. Были исследованы светло-желтые средне-, крупнозернистые кварцево-полевошпатовые пески с галькой и гравием венедского возраста с глубин 120,7—138,0 м скв. 27 Столбцовской площади и буровато-серые мелко-, среднезернистые пески с супесями брестского возраста в интервале 109,0—123,2 м скв. 48 Щучинско-Мостовской площади. Оба горизонта характеризуются аномальными содержаниями микроэлементов.

У венедского аллювия (табл. 62) в форме водорастворимых компонентов отмечены Cu—0,56—1,04% от ее валового содержания, V и Mn—в незначительных количествах. В легкообменной форме встречены лишь следы меди. В карбонатной форме находится значительная часть Cu—51,28—64,20%, Co—40,79—67,23, Mn—45,02—86,61 и незначительная V—до 9,65%. С органическим веществом связана большая часть Cu—19,02—31,78%, Co—24,37—37,99, V—6,17—31,45, Mn—2,56—18,29%. В форме аморфных гидроокисей и адсорбированных на них элементов отмечены Mn—13,58% и незначительная доля Ti. С силикатными соединениями связана основная часть V—58,90—93,83% и Ti—88,71—94,38% от валового содержания. Закономерности распространения форм микроэлементов в брестском аллювии (табл.63) те же, однако в них отмечается ряд отличий: 1) проявление максимальных верхних пределов относительных содержаний Cu, V в водорастворимой форме, Cu, Mn—в легкообменной, Cu—в карбонатной формах; 2) пониженные относительные содержания Cu, Co, Mn в форме, связанной с органическим веществом; 3) четко выраженное отсутствие Mn и следы Cu в составе гидроокислов, что связано с ожелезнением песков; 4) высокие содержания Cu—до 55,57%, Co—11,01—83,78, V—14,95—78,3% в форме разрушаемых и Cu—до 33,34%, V—74,47% в труднорастворимых силикатах. Последнее указывает на наличие слабовыветрелого обломочного материала пород фундамента.

Итак, на обеих площадях в аномальных горизонтах аллювия показательны ореолы рассеяния терригенного (форма разрушаемых силикатов и труднорастворимых соединений) и хемогенного характера (в формах солевой, карбонатной, водорастворимой, ионной, органических соединений, аморфных гидроокислов). Аллювий брестского возраста, судя по формам микроэлементов, связан непосредственно с размывом пород фундамента, и высокие концентрации микроэлементов в солевой форме указывают на близость возможного оруденения или первичного ореола рассеяния. Воды массива преимущественно гидрокарбонатно-хлоридные,

Распределение микроэлементов по формам их нахождения в аллювиальных песках венедского возраста, скв. 27, Столбцовская площадь (1—содержание на породе,  $n \cdot 10^{-4}$  %; 2—% от их валового содержания)

Экстракт	120,7—122,7 м									
	Cu		Co		V		Mn		Ti	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Водорастворимые компоненты	0,05	0,61	—	—	—	—	Сл.	—	—	—
Легкообменные ионы	Сл.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Элементы разрушенных карбонатов и растворимые в слабкокислой среде	5,62	63,47	0,86	48,04	0,58	9,65	288,1	86,61	—	—
Элементы, связанные с органическим веществом и некоторыми сульфидами	2,03	22,93	0,68	37,99	1,89	31,45	8,51	2,56	0,08	0,01
Аморфные гидроокислы и адсорбированные на них элементы	Сл.	—	—	—	—	—	3,46	1,04	10,0	1,76
Элементы большинства разрушенных силикатов и некоторые окислы	0,76	8,58	0,25	13,97	3,54	58,90	9,35	2,81	31,60	5,57
Труднорастворимые соединения	0,39	4,41	—	—	—	—	23,21	6,98	526,0	92,66
Экстракт	127,6—128,5 м									
	Cu		Co		V		Mn		Ti	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Водорастворимые компоненты	0,098	1,04	—	—	0,01	0,10	0,01	0,003	—	—
Легкообменные ионы	Сл.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Элементы разрушенных карбонатов и растворимые в слабкокислой среде	6,08	63,60	0,62	0,47	4,79	358,64	83,44	83,44	—	—
Элементы, связанные с органическим веществом и некоторыми сульфидами	2,56	26,78	0,57	37,50	2,13	21,71	11,38	2,56	0,03	0,002
Аморфные гидроокислы и адсорбированные на них элементы	—	—	—	—	—	—	3,16	0,74	7,74	0,63
Элементы большинства разрушенных силикатов и некоторые окислы	—	—	0,33	21,71	7,20	73,40	5,89	1,37	68,72	5,62
Труднорастворимые соединения	0,82	8,58	—	—	—	—	50,75	11,80	1145,88	93,75

Экстракт	129,8—131,5 м									
	Cu		Co		V		Mn		Ti	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Водорастворимые компоненты	0,082	0,65	—	—	—	—	0,002	0,001	—	—
Легкообменные ионы	Сл.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Элементы разрушенных карбонатов и растворимые в слабокислой среде	7,98	64,20	1,52	50,0	0,38	6,43	208,87	63,75	—	—
Элементы, связанные с органическим веществом и некоторыми сульфидами	3,95	31,78	1,05	34,54	0,79	13,37	39,50	12,05	0,03	0,01
Аморфные гидроокислы и адсорбированные на них элементы	Сл.	—	—	—	—	—	23,08	7,04	3,25	0,68
Элементы большинства разрушенных силикатов и некоторые окислы	—	—	0,47	15,46	4,74	80,20	10,67	3,26	50,4	10,6
Труднорастворимые соединения	0,42	3,37	—	—	—	—	45,54	13,90	421,7	88,71

Экстракт	136,7—138,0 м									
	Cu		Co		V		Mn		Ti	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Водорастворимые компоненты	0,068	0,56	—	—	—	—	0,01	0,004	—	—
Легкообменные ионы	Сл.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Элементы разрушенных карбонатов и растворимые в слабокислой среде	6,23	51,28	3,20	67,23	—	—	142,42	45,02	—	—
Элементы, связанные с органическим веществом и некоторыми сульфидами	2,31	19,02	1,16	24,37	0,35	6,17	57,84	18,29	0,01	0,001
Аморфные гидроокислы и адсорбированные на них элементы	—	—	—	—	—	—	42,97	13,58	0,83	0,09
Элементы большинства разрушенных силикатов и некоторые окислы	3,10	25,52	0,40	8,40	5,32	93,83	26,15	8,27	50,97	5,53
Труднорастворимые соединения	0,44	3,62	—	—	—	—	46,94	14,84	869,2	94,38

Распределение микроэлементов по формам их нахождения в аллювиальных песках брестского возраста, скв. 48, Щучинско-Мостовская площадь (1—содержание на породу,  $n \cdot 10^{-4} \%$ ; 2—% от их валового содержания)

Экстракт	109—111,3 м									
	Cu		Co		V		Mn		Ti	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Водорастворимые компоненты	0,04	0,85	—	—	0,01	0,06	—	—	—	—
Легкообменные ионы	Сл.	—	—	—	—	—	0,64	0,32	—	—
Карбонаты и соединения, растворимые в слабокислой среде	0,47	10,24	—	—	0,47	2,29	52,18	26,15	—	—
Химические элементы, связанные с органическим веществом и некоторыми сульфидами	Сл.	—	0,06	16,22	1,69	8,23	22,52	11,28	Сл.	—
Аморфные гидроокислы и адсорбированные на них элементы	Сл.	—	—	—	—	—	33,14	16,76	Сл.	—
Разрушенные силикаты и некоторые окислы	3,55	55,57	0,31	83,78	3,07	14,95	29,62	14,84	4,6	0,17
Труднорастворимые соединения (остаток)	1,53	33,34	—	—	15,29	74,47	61,16	30,65	2675,6	99,83

Экстракт	116,3—117,0 м									
	Cu		Co		V		Mn		Ti	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Водорастворимые компоненты	0,05	0,21	—	—	0,01	1,21	—	—	—	—
Легкообменные ионы	Сл.	—	—	—	—	—	0,32	0,22	—	—
Карбонаты и соединения, растворимые в слабокислой среде	20,37	85,23	0,41	62,69	—	—	111,36	75,22	—	—
Химические элементы, связанные с органическим веществом и некоторыми сульфидами	2,83	11,84	0,17	26,30	0,62	62,40	7,99	5,40	0,06	0,03
Аморфные гидроокислы и адсорбированные на них элементы	Сл.	—	—	—	—	—	2,25	1,52	Сл.	—
Разрушенные силикаты и некоторые окислы	0,22	0,92	0,07	11,01	0,36	36,29	4,87	3,29	6,31	2,88
Труднорастворимые соединения (остаток)	0,43	1,80	—	—	—	—	21,26	14,35	212,6	97,09

Экстракт	121,7—123,2 м									
	Cu		Co		V		Mn		Ti	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Водорастворимые компоненты	0,06	1,17	—	—	0,03	0,36	—	—	—	—
Легкообменные ионы Карбонаты и соединения, растворимые в слабощелочной среде	Сл.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Химические элементы, связанные с органическим веществом и некоторыми сульфидами	3,52	68,62	0,53	51,46	0,88	10,49	126,86	67,76	—	—
Аморфные гидроокислы и адсорбированные на них элементы	0,76	14,81	0,21	20,39	0,91	10,85	18,23	9,74	0,06	0,01
Разрушенные силикаты и некоторые окислы	Сл.	—	—	—	—	—	2,41	1,29	—	—
Труднорастворимые соединения (остаток)	0,79	15,40	—	—	—	—	31,70	16,92	951,1	87,56

кальциево-натриевые или кальциево-магниевого с минерализацией 156—593 мг/л, среда слабощелочная, рН 7,0—7,6. Такие воды и окислительно-восстановительные условия благоприятствуют миграции и осаждению карбонатов меди, кобальта и других микроэлементов.

Таким образом, рекомендуются следующие критерии корреляции и поиска коренных месторождений по отложениям венедского аллювия в бассейне Немана: геологические — приуроченность речных осадков к переуглубленным ложбинам ледниковой экзарации в местах эрозии Белорусского кристаллического массива, особенно тяготеющих к зонам дизъюнктивных нарушений; литолого-петрографические — повышенные величины медианного диаметра частиц, слабая их сортировка, наличие щебня изверженных и метаморфических пород массива, несущих следы хлоритизации, серитизации, эпидотизации, карбонатизации и других изменений, которые могут быть околорудными; минералогические — повышенные концентрации розовых и зеленых гранатов, ксеноморфного апатита, сфена, рутила, а также пирита, халькопирита, марказита, пирротина, ильменита, магнетита и других минералов с морфологическими признаками, свойственными минералам, рудам и породам массива; геохимические — наличие ореолов рассеяния с контрастными аномальными содержаниями Cu, Ni, Co, Ti, концентрации Ti, V, Mn, Ni, Cu и Zr амфиболов и ильменита, а также, видимо, кварца, полевых шпатов, слюд, пирита и других минералов из аллювиальных отложений, особенно содержащих повышенные или сход-

ные концентрации химических элементов с минералами пород и руд массива, данные по формам нахождения микроэлементов в аллювиальных ореолах рассеяния.

**Поиски золоторудных месторождений.** В золотоносных районах при обнаружении и прослеживании погребенных дельт могут быть использованы данные наблюдений по россыпному золоту. Самородное золото аллювиальных россыпей отличается от золота прибрежно-морских россыпей большими размерами, наличием зерен с кристаллографическими формами, меньшей пробытностью, отсутствием новообразованных россыпей этого минерала (Семенов, 1977).

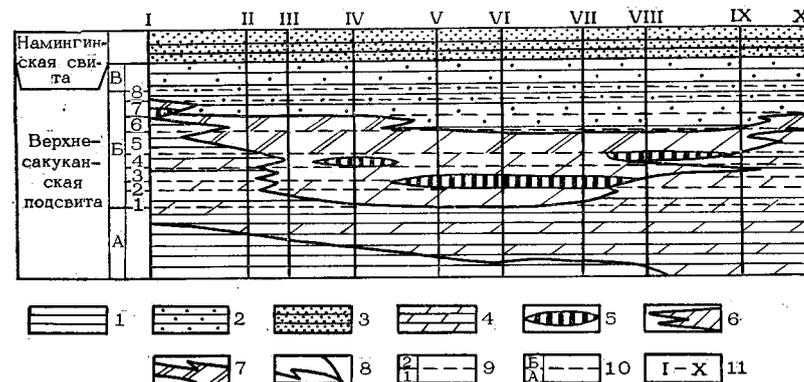


Рис. 38. Корреляция медистых отложений в Намингинской брахисинклинали (Богданов, 1968). Отложения и литолого-фациальные комплексы: 1 — песчаные прибрежно-морские (косовые, гривовые, донных течений, прибрежных валов, пляжовые и др.), 2 — песчаные мелководные прибрежно-морские (зона волнения и спокойной седиментации заливно-лагунного мелководья), 3 — песчано-алевритовые прибрежно-бассейновые (мелководных заливно-лагунных, периодически осушавшихся зон), 4 — алевритопесчаные подводно-дельтовые переслаивающиеся с песчаными прибрежно-морскими, 5 — песчаные (приустьевых баров, кос и пересыпей), 6 — алевритопесчаные подводно-дельтовых протоков, их отелей, шлейфов и приустьевых кос, 7 — алевритопесчаные мелководные заливно-лагунные, переслаивающиеся с песчаными отложениями подводно- и наземно-дельтовых потоков; 8 — контуры литолого-фациальных комплексов; 9 — горизонты и их границы, 10 — пакки и их границы, 11 — разрезы

Состав россыпного золота рек коррелируется с генезисом коренного источника: пробытность золота 400—600 указывает на низкотемпературные золото-кварцево-сульфидные жильные руды, 830—900 — на высокотемпературные руды этого типа, 800—820 — сульфидновкрапленные руды, 900—950 — контактово-метасоматические скарны, 870—930 — на коренные месторождения и выходы золотоносных конгломератов (Зимоглядов, 1975). По данным А. И. Скрябина (1978), как уже отмечалось, характерна пробытность 650—680 для золото-вольфрамового, 885—921 — золото-арсенопирит-пиритового, 928—973 — золото-сульфоантимонитового типа месторождений золото-кварцевой формации. Прямые зависимости пробытности речного россыпного золота с увеличением при удаленности от коренного источника и возраста россыпей, их более высокого геомор-

фологического положения в долине не всегда выдерживаются и имеют коррелятивный характер. В этом случае часто важно выявить корреляционные зависимости зонального распределения золота в рудных узлах и связанных с ними речных системах. Однако наличие низкопробного золота в россыпи дает основание предполагать: а) возможность обнаружения вблизи нескрытых коренных источников; б) отсутствие перемылов и переотложений россыпей; в) наличие связи золота с сульфидами (так как пробность его в сульфидах 600—650, в кварце свыше 860) или его более мелкими золотинами; г) присутствие высоко- и среднетемпературных месторождений или указанных температурных зон зональных коренных оруждений.

Ряд литологических и геохимических признаков используется при корреляции медистых отложений и их стратиформных месторождений (рис. 38).

### **Аллювий, тектоника и рудоносность**

Речные долины имеют унаследованное развитие и во многих случаях приурочены к зонам тектонических нарушений глубокого залегания, испытавшим неоднократную тектоническую активность. Характер речной сети часто определяется разрывной и блоковой структурой вмещающих пород осадочной толщи и кристаллического фундамента. Поэтому речные долины, особенно в регионах распространения магматических, эффузивных и гидротермальных комплексов пород, представляют значительный интерес для поисков коренных руд, а с поисковых позиций их аллювий различных горизонтов может нести информацию о рудоносности. Корреляция тектонических нарушений и положения долин имеет в этом случае поисковую значимость. При этом используются такие корреляционные показатели, как укрупнение размерности частиц руслового аллювия; увеличение содержания тяжелых минералов; рост песчаности аллювиального разреза; более четкое проявление русловой фации и косой слоистости. Выявлены прямые корреляционные зависимости между зонами поднятий в речной долине и возможностью нахождения россыпей золота, алмазов, циркона, редких элементов, залежей гравия, песка, водоносных линз и горизонтов и т. д. Изучение и прослеживание связей тектоники и состава аллювия важны также для поиска месторождений нефти, газа, рассолов.

### **Корреляция при поисках месторождений вод**

При поисках месторождений пресных вод в речных долинах используются их корреляционные связи с погребенными речными долинами и ложбинами ледникового выпахивания; с залегающими на глубине песчаными и гравийными горизонтами аллювиального и гляциоаллювиального генезиса в поймах и на террасах; с аллювиальными отложениями артезианских бассейнов; с

подрусловыми потоками грунтовых рек и т. д. На качество и состав этих вод могут оказывать влияние связи с болотными массивами и погребенными горизонтами торфа, угля и других биолитов, поставляющих в воды соединения железа, органического вещества; лагунами и их отложениями, привносящими Na, Mg, Cl и другие элементы засоления вод; с разгрузкой глубинных вод, обогащенных Na, Ca, Cl, Br и т. д.

Для поисковых целей используются корреляционные связи между растительными ассоциациями и геологическими, литогеохимическими закономерностями ландшафта. Например, на аллювиальных равнинах степного Казахстана комплексы сочносолянковых (*Halocnemum strobilaceum*), лебедовых (*Atriplex verrucifera*), селитрянопопынковых (*Artemisia nitrosa* Web.), бескильницевых (*Puccinellia* Parl.) свидетельствуют о близком залегании грунтовых вод.

Глубинные воды, рассолы и гидротермы, приуроченные к аллювиальным отложениям, часто имеют специфический химический состав, аномальные содержания микроэлементов и представляют интерес для использования в народном хозяйстве. Поиски таких вод определяются закономерностями формирования их состава исходя из вертикальной гидрогеохимической зональности, связей с областями молодого вулканизма, нефтеносными и соленосными структурами, наличием рудных месторождений, зон разломов с повышенной минерализацией и т. д.

На возможность обнаружения вод определенного состава могут указывать: наличие соленосных отложений — на воды повышенной минерализации с K, Ca, Mg, Cl, SO<sub>4</sub>, B, Br, Sr; нефтяные месторождения — на метановые, сероводородные и другие воды с Ca, Na, Cl, Br, J, Li; сульфидные руды — на пресные и соленые воды с Fe, Cu, Zn, Pb, Co, Ni, Cr, SO<sub>4</sub> и т. д.; коренные и россыпные месторождения урана и тория — на радоновые и тороновые воды; коренные и россыпные месторождения — на соответствующие им воды с повышенными концентрациями Ti, Zr, Nb, Sn, Au и других элементов.

Корреляционные связи между составом горных пород, руд и омывающими их водами позволяют не только вести поиски месторождений, но и решать ряд вопросов, связанных с их формированием и разрушением в процессах выветривания и эрозии.

### **ГЕОХИМИЧЕСКАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ И ПРОБЛЕМЫ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

#### **Корреляция и химическое загрязнение ландшафтов**

Химическое загрязнение речных долин связано со сбросами жидких, твердых и газообразных отходов предприятий машиностроительной, металлургической, горнодобывающей, обрабатывающей и других отраслей промышленности, коммунальных отходов

населенных пунктов, сбросов с речных транспортных средств, выносом удобрений с полей, а также с добычей полезных ископаемых в долине, проведением мелиоративных работ и т. д. Оно может быть обусловлено также техногенными изменениями теплового режима речных вод. Речная долина и воды рек являются концентраторами и индикаторами техногенных процессов, происходящих на водоразделах.

Ежегодно в ландшафты поступает  $55 \cdot 10^{11}$  м<sup>3</sup> загрязненных вод, большей частью в речные долины. Например, Рейн транспортирует ежегодно свыше 24 млн. т промышленных отходов, обогащенных Ti, Cr, Cu, Zn, Pb, As, Hg. Река Дейтройт сбрасывает ежегодно 20 млн. фунтов отбросов, несущих микроэлементы, многие из которых являются токсическими. Накопление последних отражается на геохимическом состоянии долинной среды и ее экосистем, загрязняя компоненты ландшафта на длительный период. Исследования показывают, что речная долина, например, может очиститься от техногенной ртути в течение 70—100 лет (К. И. Лукашев, В. К. Лукашев, 1980).

Ю. Е. Саев и др. (1980) выделяют по донным осадкам рек нечерноземной зоны следующие соотношения техногеохимических ореолов рассеяния соответственно при значениях коэффициентов концентрации 2—5 и 5—10: для крупных городов (Cr, Nb, Be, Sr, V) и (Hg, Cu, Ni, Zn, Bi); мелких городов (Zn, Sn, V) и Bi; поселков (Bi, Sr, Mn, Mo) и Zn; свалок (Pb, Ni, Sr, Be) и (Co, Sn); сельскохозяйственных районов (Sr, Ag) и Hg. Отмечается, что ассоциации техногенных элементов определяются особенностями промышленного производства и сельскохозяйственного применения удобрений, гербицидов и т. д., положением места опробования в речной долине при постоянном накоплении этих элементов в донных осадках старичных водоемов и тыловой части поймы.

Техногеохимические ореолы и потоки фиксируются во взвесах рек, илистых отложениях на поверхности поймы и ее почвах, а также в разрезах поймы на глубинах до 0,5 м. Длина потоков рассеяния в речных долинах достигает несколько десятков километров при максимальных концентрациях техногенных химических элементов на расстояниях до 2—3 км от их источника.

В связи с техногенезом В. А. Кузнецов и Л. М. Фоменко изучали нахождение химических элементов в речных илах и показали, что их концентрации в долине выше, в черте города и в 5 км ниже его соответственно составляют (в  $n \cdot 10^{-3}\%$ ): Zn 3,0—9,5; 69,0—210,0 и 11—27,0; Cr 1,0—1,5; 7,0—18,0 и 3,0—5,5; Ni 0,4—0,7; 1,4—3,0 и 0,7—1,3; Cu 0,5—1,0; 1,0—7,0 и 1,0—3,0. В сельской местности от отходов хозяйственной деятельности наблюдается повышение концентраций в речных илах (в  $n \cdot 10^{-3}\%$ ): Ni до 5,0 (при фоне 0,3), Co—1,0 (0,4), Cu—5,0 (0,3), Pb—1,0 (следы). Речные воды и каналы близ ферм имеют содержания (в мкг/л): Pb до 200 (при фоне не обн.—38), Mn > 200 (54—175), Co—6,2 (не обн.—следы). При исследовании формы нахождения цинка в техногеохимическом ореоле на основе постадийных вытяжек было

показано, что данный элемент осаждается в карбонатной форме в 5—15 км ниже источника загрязнения, что связано с изменениями рН речных вод (Фоменко, 1978; Кузнецов, Фоменко, 1980).

В. В. Поликарпочкин (1972) указывает, что в ореолах рассеяния от обогатительной фабрики на протяжении 10 км отмечается повышенное содержание As и  $SO_4^{2-}$  в речных водах при постепенном снижении концентраций Cu в 50 раз, Pb и Zn до 500 раз. Х. Е. Хокс и Дж. Узбб (1964) наблюдали в ореолах рассеяния от рудничных вод повышенные концентрации Fe, Cu, Zn на расстоянии до 50 км вниз по течению водотока.

Характерно, что химические элементы, связанные со сбросами отходов, распределяются и аккумулируются в условиях речных долин согласно закономерностям геохимической дифференциации вещества. Это создает основу использования методов корреляции для изучения поведения химических элементов между источниками и местами проявления загрязнений в долине, для выяснения характера связей загрязнений с химическими процессами и реакциями экосистем с целью разработки мероприятий по охране окружающей среды.

В связи с указанным мониторинг в речных долинах организуется и ведется с учетом корреляционных связей источников химических загрязнений и состава аллювиальных отложений и включает: изучение положения участка долины относительно источника техногенного загрязнения; выяснение характера химических загрязнений, их форм и соединений; исследование геохимических закономерностей распределения химических элементов в речной долине; определение влияния химического загрязнения на состояние экосистем и отдельных их составляющих; выяснение токсичности химических элементов и их способности аккумулироваться в осадках рек, пойменных почвах, водах и осадках стариц и вторичных озерных водоемов пойм конкретных районов.

### Корреляция и проблемы сельского хозяйства

Ранее отмечались связи химического состава речных осадков и вод с составом почвогрунтов на водосборах, геохимических процессов аллювиального литогенеза и пойменного, террасового педогенеза, а также ассоциации растений в зависимости от геохимических и геохимических особенностей аллювиальных отложений речных долин. Геохимическое районирование аллювия отражает педогеохимические провинции водосборных территорий (Кузнецов, 1973б).

Аллювий и взвешенные наносы рек раскрывают не только основные черты строения и состава ландшафтов, но и их сельскохозяйственные особенности. По содержаниям во взвесах глинистых минералов,  $K_2O$ , CaO, MgO, N, P,  $Fe_2O_3$ , MnO, микроэлементов определяются потенциальные возможности почв, эффективность ирригации земель, разрабатываются мероприятия по подъему плодородия

дия сельскохозяйственных земель (Кузнецов, 1976; Кузнецов, Ключанова, 1971 и др.).

Техногеохимические изменения в речных долинах и на водосборах, связанные с внесением минеральных удобрений и применением химических средств защиты растений, с системами агротехнических и агрохимических мероприятий обработки почв, мелиорацией заболоченных земель и обводнением засушливых территорий, с поливом полей глубинными водами и т. д., отражаются на составе речных вод и их отложений.

Так, мелиорация заболоченных земель сопровождается повышением минерализации речных вод, изменением их гидрохимического класса с гидрокарбонатно-кальциевого на сульфатный, развитием процессов карбонато- и сульфатообразования, окисления соединений железа, переменами в составе органического вещества. Осушение земель часто ведет к нарушению баланса и общей миграции речных и грунтовых вод, а в ряде случаев — к подтоку глубинных вод с повышенной минерализацией, вызывающей засоление почв и изменения в составе поглощенного комплекса речных илов. Удобрения, сносимые с полей, повышают в речных осадках концентрации Pb, Cd, Mo, As, P, N, Zn. Орошение поймы долины р. Нера в Польше за счет коммунальных стоков привело через 30 лет к заметному накоплению в почвах поймы Cu, Mo, Co, B, Mn, Fe (Бергпасска, 1970). Усиление эрозии почв сопровождается рассеиванием S, N, Pb, K, S, микроэлементов, связанных с их гумусовой составляющей.

Изменения условий миграции и аккумуляции химических элементов в долинах и на водоразделах в связи с техногенным влиянием на почвенный покров часто сопровождаются негативными переменами в составе и состоянии экосистем речных долин и их вод.

В связи с изложенным мониторинг в речных долинах строится на учете корреляционных связей составов аллювия и почв водоразделов и включает изучение почвенной эрозии и развевания песков; знание объектов и видов вносимых удобрений и их сочетаний; выяснение возможного применения ядохимикатов; определение содержания и распределения микроэлементов в пойме, на террасах и водоразделах; районирование химического состава аллювия и педогеохимических провинций; исследование процессов миграции и аккумуляции элементов, особенно токсических, в системе площадь водосбора — речная долина; изучение взаимосвязей агрохимических, геохимических и микробиологических процессов.

Особое значение в мониторинге придается геохимическому изучению заповедных территорий и их речных долин как эталонам для выявления тенденций, уровней и последствий техногеохимического влияния на окружающую среду и генофонд.

Природные повышенные концентрации или дефицит ряда микроэлементов, особенно Mo, Co, Cr, Cu, Pb, Zn, Mn, Fe, Se, J, а также их техногенные аккумуляции в ландшафтах сопровождаются эндемическими заболеваниями животных и растений, снижением урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивно-

сти животноводства. Биогеохимические провинции и аномалии естественного и искусственного происхождения, распространенные на водосборах, находят свое отражение в геохимических особенностях состава речных вод и осадков, а также в отложениях конечных водоемов речного стока. В силу этой связи по составу речных вод и осадков могут быть выявлены биогеохимические и техногеохимические аномалии, изучены их причины, намечены мероприятия по уменьшению их негативных последствий.

На указанном принципе Дж. Вебб (Webb, 1977) по материалам изучения русловых осадков рек Англии и Уэльса составил геохимические карты распространения Mo, Pb, Zn, Cd и As, являющаяся основой для решения прикладных задач сельского хозяйства, животноводства и рыболовства, поскольку выявленные аномалии и повышенные концентрации этих элементов в осадках рек прямо коррелируются с площадями эндемических заболеваний растений и животных.

Дж. Вебб и В. Аткинсон, исследуя русловые осадки области Лимерик (Ирландия), показали, что в ряде случаев, где размываются сланцы формации Клар или моренные отложения, содержащие обломки этих сланцев, отмечаются аномалии Se и Mo, места сочетаются с повышенными концентрациями Cu и V. Аномалии в речной сети хорошо коррелируются с селеновой и молибденовой биогеохимическими провинциями, площадями хронической селеновой и молибденовой токсичности, вызывающей эндемические заболевания скота (Webb, Atkinson, 1965).

Позднее по данным изучения состава речных осадков и выявленным в них аномалиям молибдена в центральной Англии были установлены площади распространения молибденоносных пород и связанных с ними токсических селеноносных почв.

Взаимосвязи особенностей состава речных осадков Британских островов с территориями, где наблюдаются признаки кобальтовой недостаточности у овец, селеновой токсичности, молибденовой и медной недостаточности у скота, мышьяковой и свинцовой токсичности у животных, медной и марганцевой недостаточности у злаковых растений и т. д., охарактеризованы в ряде работ, выполненных Дж. Веббом с сотрудниками (Webb, 1970, 1971; Webb e. a., 1968).

Мониторинг в речных долинах в связи с изложенным включает корреляцию геохимических провинций и эндемических явлений; формы нахождения и миграции химических элементов, особенно канцерогенов, в ландшафтах и их влияние на проявление эндемий; изучение явных и латентных форм эндемических заболеваний и их индикаторных признаков; внедрение в ландшафты химических элементов, их соединений и сочетаний, сдерживающих либо искоряющих подобные заболевания животных, растений и повышающих продуктивность животноводства и урожайность сельскохозяйственных культур.

## Корреляция и проблемы здравоохранения

Корреляционные зависимости между избытком или недостатком химических элементов в ландшафтах и эндемическими заболеваниями человека общеизвестны (недостаток йода и зубные заболевания, избыток фтора в воде и кариес зубов и т. д.).

Для ряда элементов эти связи менее изучены, хотя они и намечаются, особенно в районах, где население преимущественно питается продуктами сельского хозяйства. Например, корреляции между содержанием Мо в растениях и кариесом зубов в Новой Зеландии, величиной  $Zn : Cu$  в почвах Северного Уэльса (Великобритания) и онкологических заболеваниями, свинцом и склерозом, жесткостью воды и кардиологическими заболеваниями. В связи с этим особого внимания заслуживает постановка специальных междисциплинарных исследований с применением опробования современных осадков речной сети, как предложено в работах И. Торнтона и Дж. Вебба (Thornton, 1977; Thornton, Webb, 1979; Webb, 1971). Необходимо отметить, что геохимические карты распространения Pb, Mo, Cd и других элементов в ландшафтах Англии и Уэльса, составленные по нахождению этих элементов в речных осадках, явились основой для выяснения природных причин заболеваний человека и разработки мер по их предотвращению.

Для городских поселений, особенно крупных промышленных центров, взаимосвязи между распространением химических элементов в окружающей среде и болезнями человека более сложны и менее изучены с геохимической точки зрения. Но и здесь отправной точкой исследований может быть изучение поведения микроэлементов в осадках рек, протекающих в пределах или вблизи города, с учетом всех возможных путей химического загрязнения окружающей среды, связанного с техногенезом.

В этой связи весьма важно изучение взаимосвязей между содержаниями микроэлементов в речных водах и осадках, их сезонных колебаний. Осадки рек могут быть индикаторами качества питьевой воды (Aston, Thornton, 1977). Из табл. 64 видно корреляционное соотношение между пороговыми значениями концен-

Таблица 64

Соотношение между пороговыми концентрациями микроэлементов в питьевых водах и речных осадках (Aston, Thornton, 1977)

Элемент	Пороговое значение для вод, мг/л	Пороговое значение для осадков, $г \cdot 10^{-3}$	Элемент	Пороговое значение для вод, мг/л	Пороговое значение для осадков, $г \cdot 10^{-3}$
Fe	100	6%	Zn	500	200
Mn	500	100	Cd	10	1
Cu	50	100	As	50	10
Pb	50	50			

траций микроэлементов в питьевых водах, предложенных Всемирной организацией здоровья, и пороговыми содержаниями микроэлементов в речных осадках в расчете на фракцию — 200 меш.

## Корреляция при гражданском строительстве

Корреляция почвогрунтов и их горизонтов и площадей пространства на основе стратиграфических, литологических и инженерно-геологических характеристик отложений используется при решении задач промышленного строительства, сооружении гидростанций и водохранилищ, каналов, городской застройке и т. д., прежде всего при выборе мест для фундаментов сооружений, участков для оптимальной их эксплуатации. При этом особое значение имеет знание корреляционных зависимостей между составом почвогрунтов и их инженерно-геологическими свойствами.

Строительство крупных сооружений часто сопровождается нарушением геологических условий и вызывает процессы, негативно влияющие на эксплуатации сооружений. Так, возведение плотин в речных долинах ведет к нарушению гидрорежима потоков и заилению водохранилищ. Крупные объемы вод водохранилищ могут вызвать размывы берегов, растворение солей в горных породах, сейсмические явления; осушение речных бассейнов часто сопровождается исчезновением мелких рек на водоразделах; строительство дорог и дамб ведет к заболачиванию долин и т. д.

При эксплуатации водохранилищ важное значение имеет знание характера новообразуемых донных отложений. Например, Б. Г. Еськов и А. Ю. Митропольский (1978) отмечают, что в осадках водохранилищ Днепровского каскада по сравнению с осадками речного генезиса наблюдаются: относительное обогащение органическим веществом, монтмориллонитом, глинистой фракцией; большие величины рН и Eh, молекулярной влагоемкости и гигроскопической влажности и снижение содержания карбонатов, величин плотности и средней плотности. Застойный режим водоемов ведет к снижению количества растворенного кислорода, развитию водорослей (цветению водоемов), что сказывается на экологии водохранилищ. Корреляционные зависимости гидрорежима, осадконакопления и геохимической среды учитываются при постройке и эксплуатации искусственных водоемов.

Поэтому мониторинг в речной долине учитывает корреляционные связи между этими процессами и явлениями и включает: 1) мероприятия по борьбе с геологическими процессами, обусловленными различными сооружениями; 2) районирование территорий по инженерно-геологическим свойствам и связанным с ними сейсмическими, геоморфологическими, вечномерзлотными, карстовыми, инфильтрационными, геохимическими процессами; 3) разработку мер индикации этих процессов и их предотвращение; 4) систему наблюдений и предупредительных мер по борьбе со стихийными геологическими процессами.

### СОПОСТАВИМОСТЬ ГЕОХИМИЧЕСКИХ И ДРУГИХ МЕТОДОВ КОРРЕЛЯЦИИ

При обобщении геохимических материалов с целью корреляции важное значение имеет решение вопросов, связанных с сопоставимостью данных различных методов исследований, со способом выражения результатов и графических построений, с выбором метода математического сопоставления и оценкой достоверности корреляции, проблемами моделирования.

#### Сопоставимость данных корреляции

Вопросы сопоставления результатов различных методов корреляции, выбор оптимального их комплекса, выяснения степени их корреляционной информативности для различных регионов решаются неодинаково. К сожалению, сопоставимость данных геохимической корреляции и других методов пока слабо разработана как в теоретическом, так и в практическом отношении применительно к отдельным геологическим регионам.

Как видно из исследования цикличности валдайской серии Белоруссии, в пределах которой установлены осадки аллювиальных конусов выноса и прибрежно-морские отложения, четко сопостав-

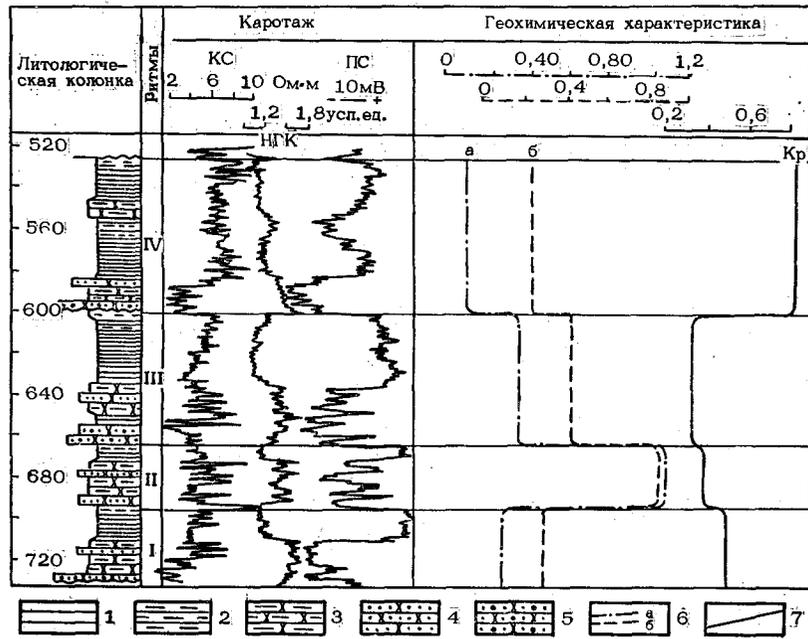


Рис. 39. Сопоставление литологических, геохимических и геофизических характеристик валдайской серии протерозоя Белоруссии (Бордон, 1977): 1 — глины, 2 — алевритовые глины, 3 — алевриты, 4 — песчаники, 5 — гравелиты, 6 — суммарный коэффициент накопления элементов (а — для алевритов и песчаников, б — для глин), 7 — коэффициент распределения элементов

Рис. 40. Сопряженность гранулометрического и минералогического составов пород продуктивной толщи Апшерона (Шутов, 1961): 1 — содержание минералов в породе, 2 — средний диаметр зерен и обломков пород (для полевых шпатов)

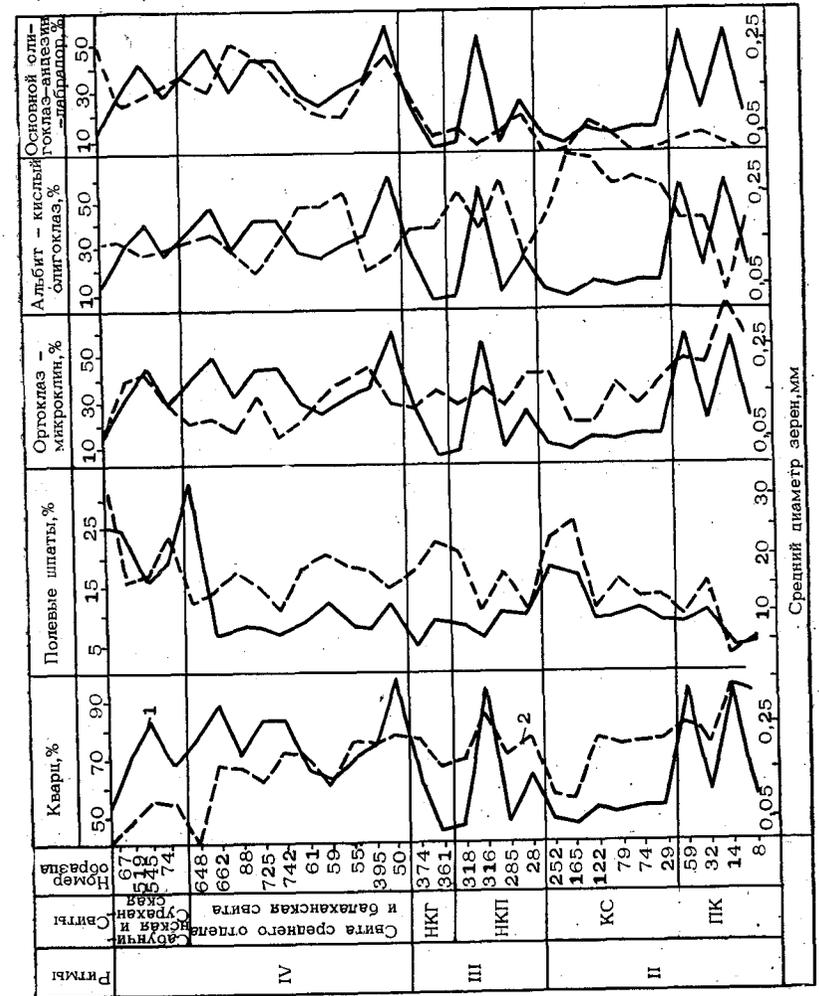


Таблица 65

Распределение химических элементов по гранулометрическим фракциям юрского аллювия (Кропачев, Лунев, 1964),  $n \cdot 10^{-4}$

Фракция, мм	Ti	Zr	Cr	Mn	V	Co	Ni	Cu	Ba
1,6—0,85	9	3	12	10	7	0,3	1	0,9	6
0,85—0,6	91	3	18	6	5	0,3	0,8	0,5	6
0,6—0,42	65	4	8	4	4	0,3	0,9	0,4	4
0,42—0,315	65	2	5	4	3	0,4	0,4	0,3	4
0,315—0,2	67	2	8	6	3	0,2	0,5	0,2	4
0,2—0,15	163	5	105	7	3	0,4	0,7	0,3	4
0,15—0,105	310	20	244	12	7	0,7	1,4	0,4	5
0,105—0,075	446	38	230	16	9	1	3	4	6
0,075—0,056	408	39	80	15	9	113	2,6	1,3	6
<0,056	354	33	20	15	5	1,8	3,5	2,2	10
Песок	62	10	9	9	2	0,2	1	2	13
Глина	247	7	20	6	7	1,1	2	0,8	17

ляются литологические и каротажные данные внутри циклов (рис. 39). При переходе от нижнего к верхнему циклу тенденции возрастания величин КС совпадают с направлением увеличения коэффициентов распределения элементов, а тенденция уменьшения НГК совпадает с падением значений коэффициентов накопления элементов особенно от II к IV циклу. Сопоставление геохимических данных с другими внутри цикла невозможно, так как здесь приведены их усредненные величины. В то же время использование их для пространственного сопоставления серии в целом правомерно.

Сравнение закономерностей строения озерно-аллювиальных отложений Пра-Немана, приуроченных к неоген-четвертичной границе, показало хорошую сопоставимость их ритмичности вверх по разрезу, полученную на основе геохимических и палинологических данных. Некоторое смещение ритмов относительно друг друга связано с размывом осадков, сформированных в предшествующее перераспределению время, а также с более быстрой перестройкой и изменениями растительных ассоциаций по сравнению с геохимическими процессами гипергенеза в связи с изменениями окружающей среды, обусловленными переменами палеоклимата в сторону похолодания (Боброва и др., 1977).

Сопряженность гранулометрического, минералогического и химического составов отложений проявляется в различной степени и определяется многими факторами и процессами, исследованию которых посвящен ряд работ (Шутов, 1961; Осовецкий, 1974; Лунев, 1974; Кузнецов, Шиманович, 1973 и др.). Материалы некоторых из них используются для целей корреляции. Так, данные суммарного распространения породообразующих минералов — кварца и полевых шпатов — в зависимости от гранулометрического состава хорошо выделяют ритмы и служат основой для детализации строения продуктивной толщи Апшеронского полуострова. Кривые рас-

пределения кварца, ортоклаза, альбита и плагиоклазов в породе более четко коррелируют ритмы и свиты, чем величины средних диаметров обломочных частиц (рис. 40).

А. М. Кропачев, Б. С. Лунев (1964), исследуя закономерности распределения микроэлементов в аллювиальных отложениях юрского возраста в Глазовской синеклизе (табл. 65), указывают, что Ti, Zr, Cr концентрируются в мелких фракциях, а Mn, V, Co, Ni, Cu равномерно распределены по гранулометрическому спектру с по-

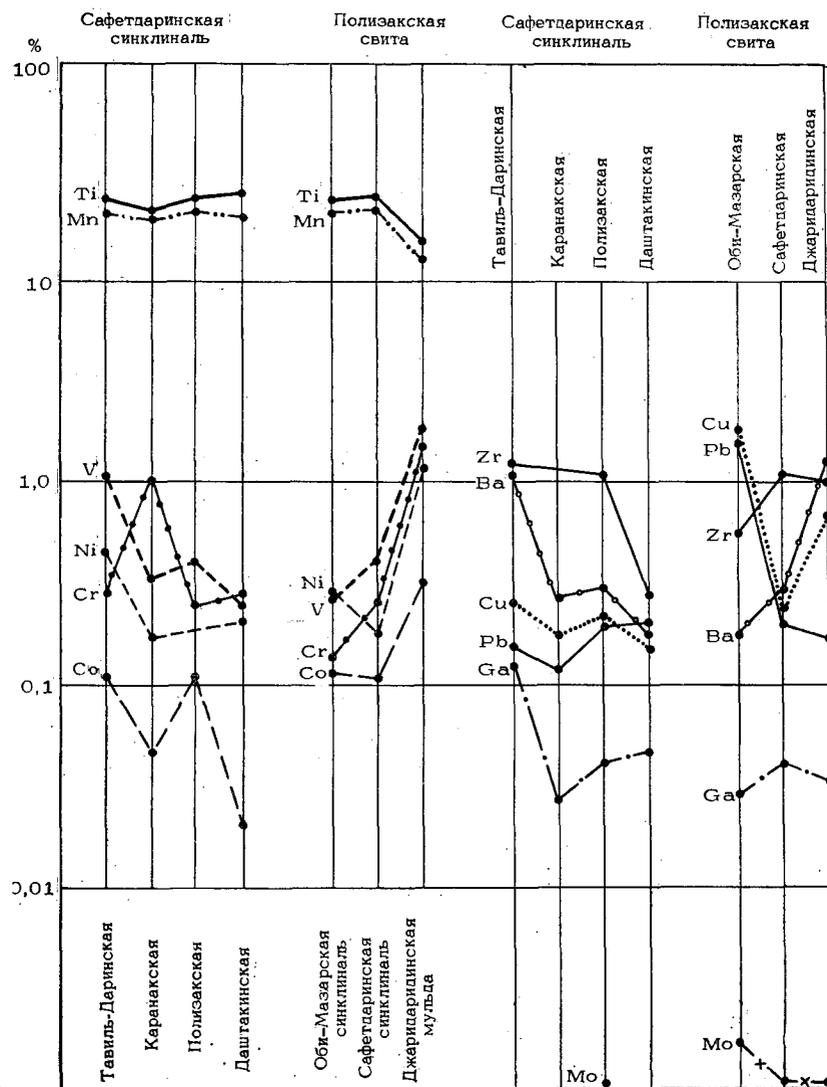


Рис. 41. Распространение ассоциаций элементов по свитам и структурам (Ивенсен и др., 1969)

вышением обычно в глинистой фракции. Делается заключение, что при проведении корреляции терригенных толщ по химическим элементам необходимо учитывать крупность фракции по каждой аллювиальной фации.

Согласованность ассоциаций химических элементов позволила скоррелировать свиты в пределах Сафетдарьинской синклинали по Ti и Mn, V и Ni, Pb и Cu, а в полизакской свите — по Ti и Mn, Ni и Cr, Zr и Ga (рис. 41).

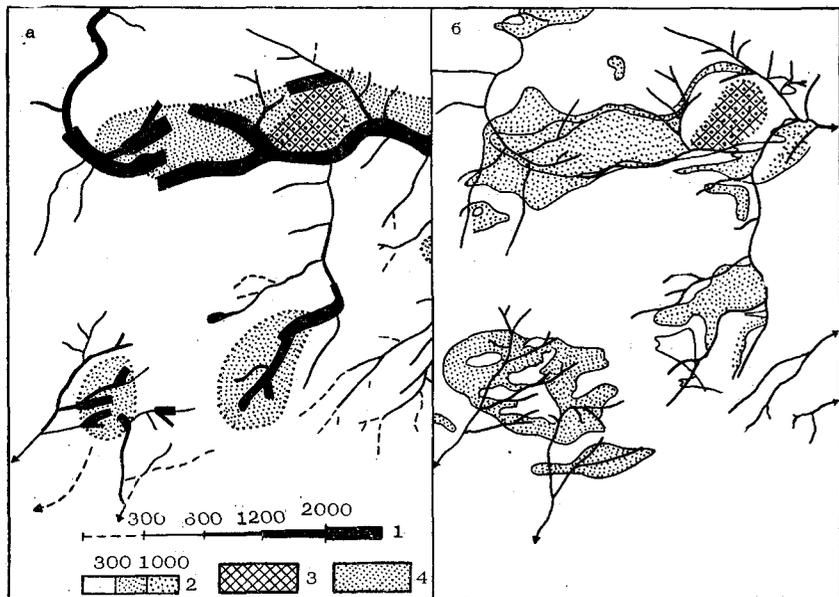


Рис. 42. Соотношение перспективных площадей на поиски медных месторождений по данным геохимической съемки речных осадков (а) и почв (б): 1 — содержание меди в осадках, 2 — в почвах ( $n \cdot 10^{-4}\%$ ), 3 — известные месторождения, 4 — площадь, представляющая интерес по данным изучения речных осадков

При геохимических поисках в речных долинах важно сопоставлять данные различных методов с целью выбора оптимальных приемов прогноза и постановки геолого-разведочных работ.

Дж. Вебб и М. Томпсон (Webb, Thompson, 1977) показали, что перспективные площади на медные месторождения хорошо выделяются по материалам геохимической съемки речных осадков и почвенного покрова, в то же время первый метод более четко и достоверно оконтуривает возможное место обнаружения месторождения (рис. 42).

Данные шлифового и геохимического опробования свидетельствуют о том, что шлиховые ореолы и потоки рассеяния неустойчивых и среднеустойчивых минералов, как правило, меньше геохимических ореолов и потоков. Для устойчивых минералов характерна обратная картина. Так, потоки рассеяния алмазов от кимберлитов

прослеживаются от десятков до сотен километров, в то время как Ni, Cr, Ti, Mg, Nb, Fe отмечаются на расстояниях до 1,5—2 км (Поликарпочкин, 1976).

Н. И. Сафронов и другие исследователи отмечают, что в русловых отложениях максимумы золота в шлиховом и тонкорассеянном ореолах и потоках смещены относительно друг друга, причем первый больше тяготеет к рудному месторождению (рис. 43).

Обсуждая сопоставимость различных геохимических данных и возможную их корреляцию при проведении поисков, необходимо указать на исследования В. В. Поликарпочкина (1976). В потоке рассеяния аномалии различных элементов часто совпадают друг с другом, однако степень их выраженности в концентрациях, контрастности в содержаниях и по площади различны, что надо учиты-

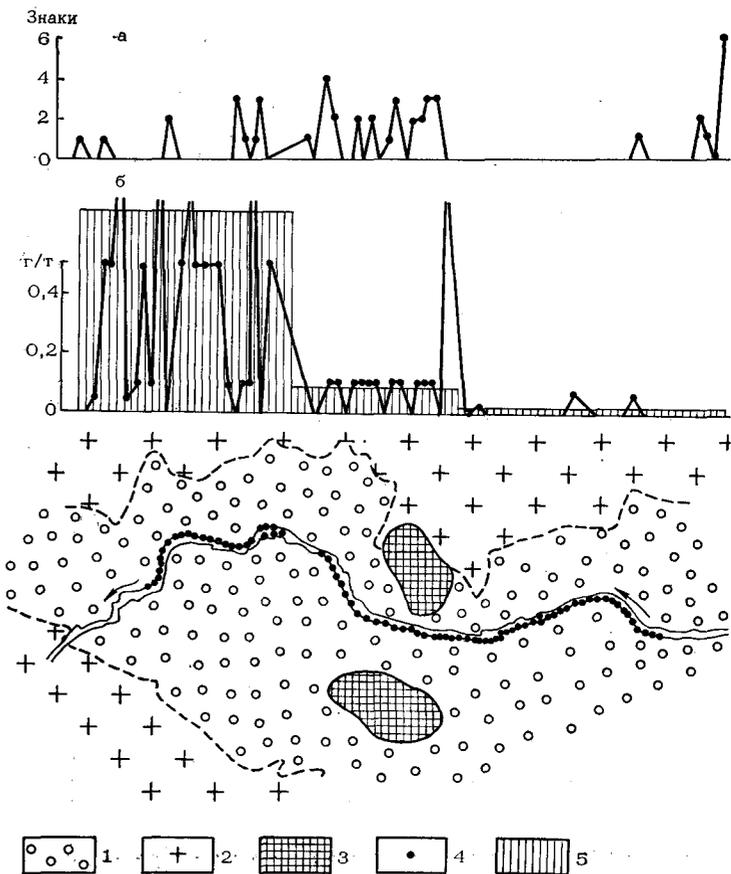


Рис. 43. Соотношение распределения золота в русловых отложениях по данным шлиховой (а) и спектрозолотометрической (б) съемок (Сафронов и др., 1960): 1 — мезокайнозойские отложения, 2 — палеозойские гранитоиды, 3 — золоторудные месторождения, 4 — места отбора проб, 5 — среднее содержание золота по участкам

вать при сопоставлениях данных и выборе рудоуказывающих элементов (рис. 44). Весьма показательны с поисковой и корреляционной точки зрения данные по потокам рассеяния в твердой и жидкой фазах (рис. 45), металлотрической и шливовой съемок на основе общих содержаний элементов и в экстрактах. Пространственное совпадение потоков рассеяния ряда микроэлементов может

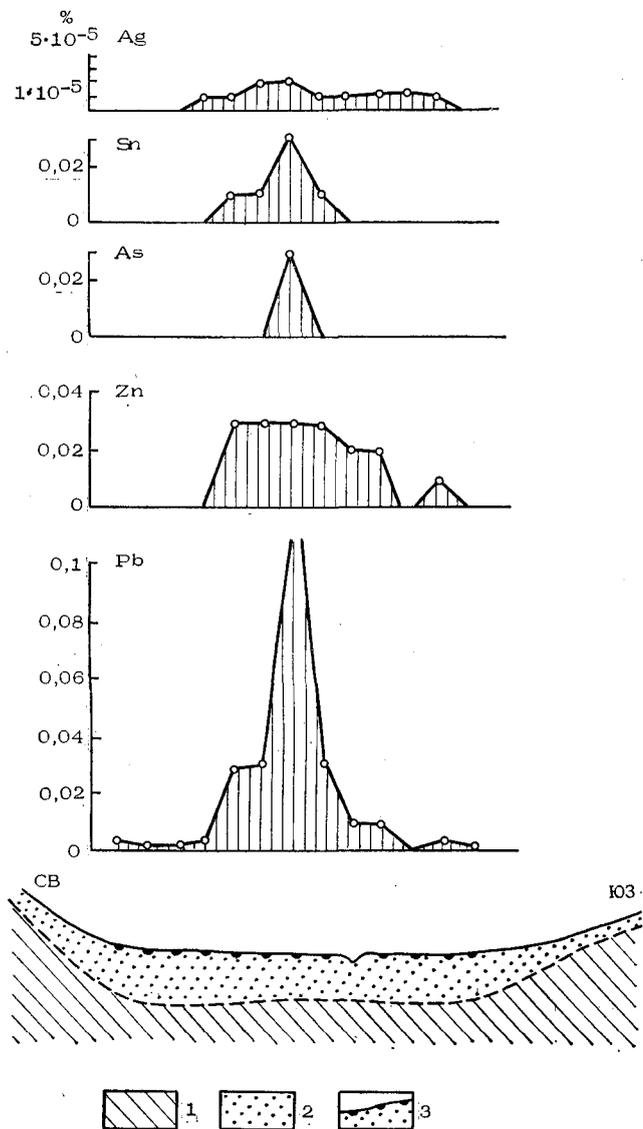


Рис. 44. Поперечное сечение потока рассеяния (Поликарпочкин, 1962): 1 — коренные породы, 2 — рыхлые отложения, 3 — место отбора проб

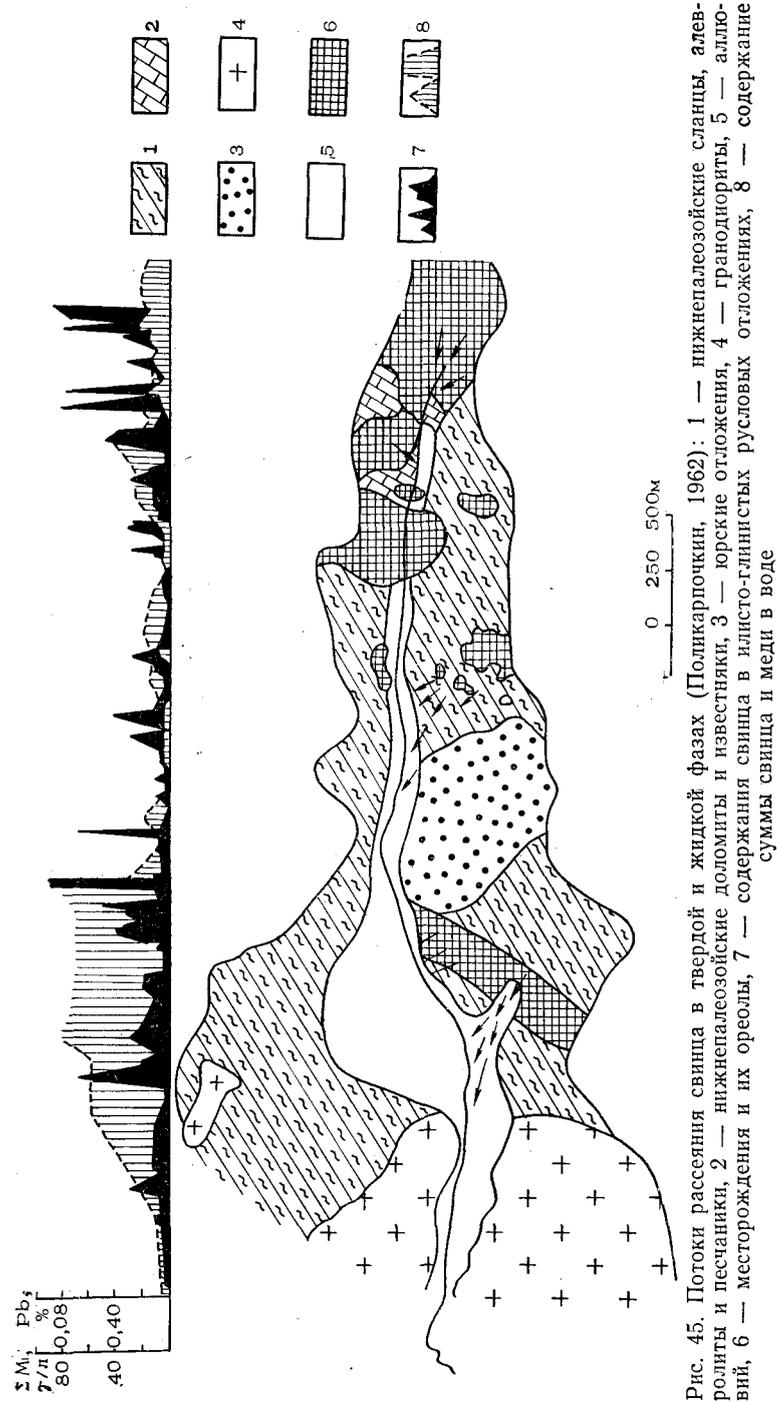


Рис. 45. Потоки рассеяния свинца в твердой и жидкой фазах (Поликарпочкин, 1962): 1 — нижнепалеозойские сланцы, алевролиты и песчаники, 2 — нижнепалеозойские доломиты и известняки, 3 — юрские отложения, 4 — гранодиориты, 5 — аллювий, 6 — месторождения и их ореолы, 7 — содержание свинца в илесто-глинистых русловых отложениях, 8 — содержание суммы свинца и меди в воде

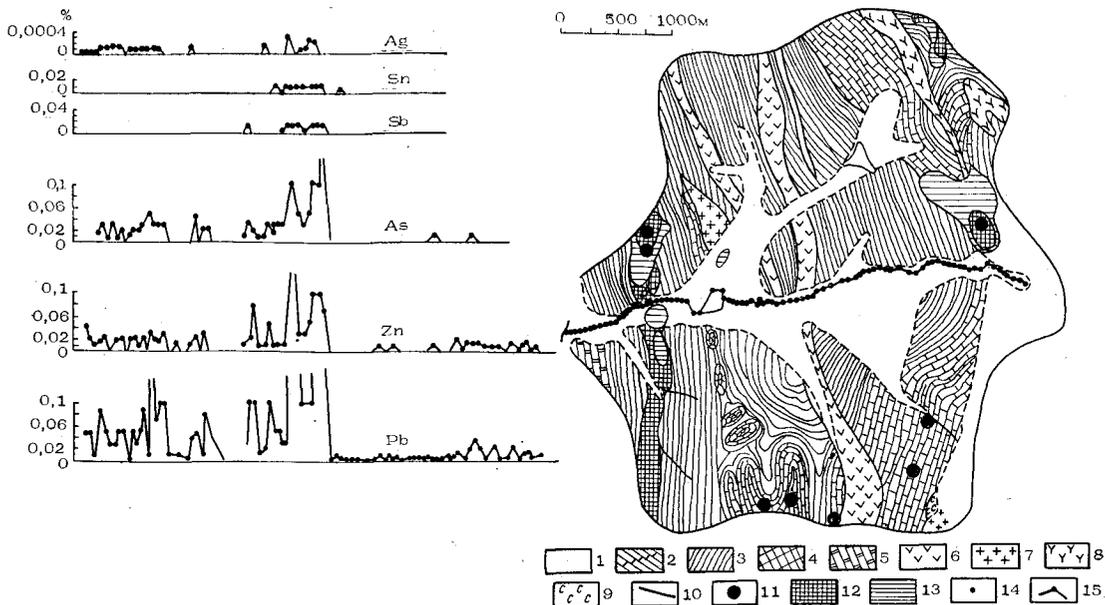


Рис. 46. Потoki рассеяния полиметаллических месторождений (Поликарпочкин, 1962): 1 — современные аллювиальные и делювиальные отложения, 2 — известняки нерчинско-заводской свиты, 3 — алевролиты и сланцы алтачинской свиты, 4 — прослои известняка в алтачинской свите, 5 — доломиты быстринской свиты, 6 — сениито-порфиры и кварцевые порфиры, 7 — гранодиориты и гранодиорит-порфиры, 8 — порфиroidы, 9 — скарнированные породы и скарны, 10 — разрывные нарушения, 11 — полиметаллические месторождения. Ореолы рассеяния: 12 — содержания Pb 0,003—0,01%, 13 — содержания Pb 0,01—0,5%, 14 — пункты опробования русловых отложений, 15 — графики концентрации элементов в русловых осадках

Таблица 66

Геохимические характеристики и элементы-индикаторы литогеохимических потоков, вторичных и первичных ореолов золото-серебряного месторождения (Хорин, 1979)

Характеристика	Au	Ag	Cu	Zn	Pb	Mo	Mn	As	W	Sn
<i>Потоки рассеяния</i>										
Максимальное содержание, усл. ед.	0,01	30	0,5	20	10	5	30	1	0,05	0,2
Продуктивность площадная, м <sup>2</sup> %	0,6	500	1300	52000	33530	260	66300	900	90	500
Количество металла в слое 1 м, т/м	0,02	15	33	1300	800	6	1650	20	2	15
Нормированная продуктивность, гф. км <sup>2</sup>	3	59	0,6	4,5	18	4	1	0,5	0,4	0,2
Ряд элементов по величине нормированной продуктивности	Ag—Pb—Zn—Mo—Au—Sn—Mn—Cu—As—W									
<i>Вторичные ореолы рассеяния</i>										
Максимальное содержание, усл. ед.	0,03	500	15	50	150	10	50	1	0,6	1
Продуктивность площадная, м <sup>2</sup> %	2	460	2300	22200	43500	700	90300	500	99	50
Количество металла в слое 1 м, т/м	0,05	14	59	55	104	2	2200	13	2	6
Нормированная продуктивность, гф. км <sup>2</sup>	10	63	1,3	2	2,4	0,9	1	0,3	0,5	0,7
Ряд элементов по величине нормированной продуктивности	Ag—Pb—Au—Zn—Cu—Mn—Mo—Sn—W—As									
<i>Первичные ореолы рассеяния</i>										
Максимальное содержание, усл. ед.	0,03	10000	10	3	2	10	7	15	0,05	0,3
Продуктивность площадная, м <sup>2</sup> %	0,3	380	830	8850	6240	21	20500	720	56	310
Количество металла в слое 1 м, т/м	0,01	9	21	221	1560	0,5	513	18	1,4	8
Нормированная продуктивность, гф. км <sup>2</sup>	1,6	9,7	1,5	2	4,5	0,8	2	0,4	0,3	0,7
Ряд элементов по величине нормированной продуктивности	Ag—Pb—Zn—Mn—Au—Cu—Mo—Sn—As—W									

Таблица 67

Выдержанность корреляционных признаков при сопоставлении угольных пластов в Донецком бассейне (Корреляция угленосных . . . , 1972)

Методы исследования	Признаки	Выдержанность на расстоянии, км		
		до 10	до 50	свыше 50
<i>Угольный пласт</i>				
Литологические	Мощность	+	+	+
	Строение, включая прослойки пород	0	0	0
	Почва и кровля	+	0	0
	Каолинитовые прослои (тонштейны)	+++	+++	+++
	Конкреции	++	+	0
<i>Вещество угля</i>				
Петрографические макроскопические	Содержание петрографических типов углей, %	0	0	0
	Распределение и характер чередования петрографических типов гумусовых углей (гумолитов) по разрезу пласта	0	0	0
	Участие среди гумолитов углей других генетических групп	+++	+	+
Петрографические микроскопические	Содержание микрокомпонентов в угольном пласте, %	0	0	0
	Вещественно-петрографический состав и микроструктура углей	+++	++	+
	Исходный растительный материал	?	?	?
	Слои с характерными микрокомпонентами	+++	++	+
	Минеральные включения	+	0	0
	Стадии углефикации	+	+	+
Палинологический	Спорово-пыльцевые комплексы	++	+	+
	Химико-петрографический	+++	++	+
Химико-технологический	Химический состав и технологические свойства	++	+	+
Спектральный и химический	Микроэлементы	+	0	0
	Состав золы	+++	0	0
	Минералогический	Акцессорные минералы	+	+

\*) Степень надежности признака: +++ — очень надежный, выдержанный; ++ — средненадежный; + — надежный в комплексе с другими признаками; 0 — ненадежный; ? — невыясненный.

свидетельствовать о полиметаллическом характере коренных месторождений (рис. 46).

Как показывают исследования (табл. 66), в ландшафтах зоны вечной мерзлоты первичные и вторичные ореолы рассеяния характеризуются для золото-серебряных, а также оловорудных месторождений совпадением элементов-индикаторов, близостью и коррелируемостью основных их показателей, при этом аналогична также оценка оруденения, проведенная по данным опробования потоков и ореолов рассеяния. Эти данные дополняют и взаимозаменяют методы поисков коренных месторождений по опробованию аллювия, элювия—делювия и коренных пород.

В районах, характеризующихся слабовыраженными ореолами и потоками рассеяния и аномалиями, иногда их контрастность может быть увеличена применением термомагнитного геохимического метода. Литогеохимические пробы песчано-глинистой фракции аллювия в районе золоторудных месторождений не фиксируют элементов-спутников — Ag, Pb, Mo в повышенных количествах, в то же время термомагнитная обработка пробы в среде с ограниченным содержанием кислорода повышает их содержание в обработанной этим способом фракции. Сопоставление данных литогеохимического и термомагнитного методов может привести к открытию рудных зон (Боголюбов и др., 1978).

При корреляции материалов геохимических поисков необходимо учитывать взаимное расположение аномалий различных типов и возможную интенсивность аномалий в донных осадках относительно положения от рудного тела и положения в рельефе. Выдержанность корреляционных признаков по пласту должна учитываться при сопоставлениях и оценке рудоносности отдельных горизонтов (табл. 67).

А. В. Македонов (1957) показал, что при корреляции зоны, определяемые по конкрециям, оказываются более устойчивыми в разрезах и по площади, чем зоны, установленные по палеонтологическим признакам, так как биофации в угольных свитах сильно варьируют в зависимости от условий. Характерно, что ближе к угленосным отложениям конкреции обогащены железом, а по мере удаления от них увеличиваются концентрации магния и кальция.

### Графические и другие материалы корреляции

Для корреляции весьма наглядны специальные схемы, таблицы, диаграммы и карты. Особенно показательны для пространственно-временной корреляции, охватывающей значительные и разнообразные геологические события, схемы и таблицы, учитывающие отложения различных генетических типов пород, что позволяет нагляднее представить положение, условия формирования и распространение аллювиальных свит (рис. 47, табл. 68).

Большую ценность для корреляции аллювиальных процессов и речного осадкоотложения представляют материалы аэрофото съемки и анализ старых геологических карт и гидрографических

наблюдений. Так, при анализе картографических материалов, отражающих взаимоотношения аллювиальных, болотных, дельтовых и аллювиально-морских фаций р. Эбро, были скоррелированы процессы дельтового осадконакопления и величины приливных подъемов моря, уточнены время и условия формирования дельтовых конусов (Maldonado, 1975).

В работе Г. И. Горецкого (1980) раскрываются особенности развития на протяжении антропогена системы рек территории Пономанья, текущих по направлению к ледникам или вдоль них: 1) унаследованность рек и речных долин от неогена и их сохранность, несмотря на равнинные оледенения; 2) связи рек и их долин с ложбинами ледникового выпихивания и размыва; 3) влияние выводных ледников на развитие речных долин, аллювиальное осадконакопление и движение речных палеопотоков; 4) широкое проявление подпруживания и его влияние на литологический и фациальный облик речных осадков; 5) раскрытие механизма и типов гляциотектоники и их влияния на условия залегания и сохранность аллювиальных отложений, формирование преград речным пото-

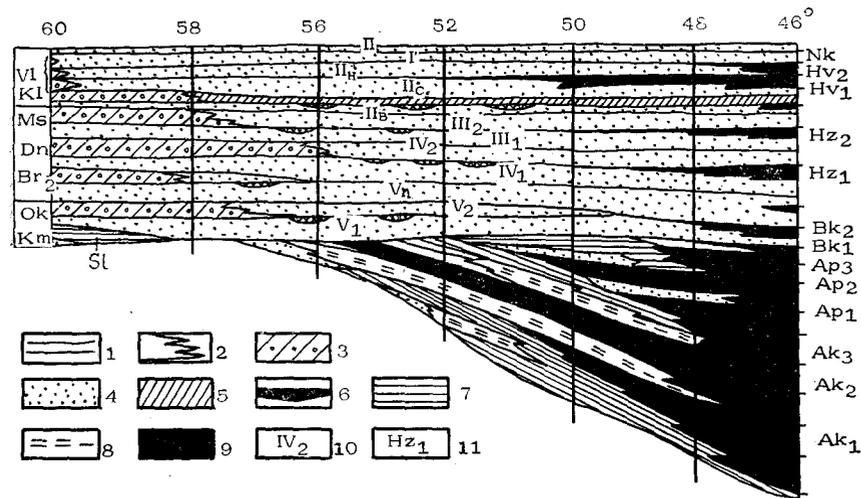


Рис. 47. Соотношения ледниковых, аллювиальных и морских отложений Поволжья (Кожевников, 1976): 1 — границы размыва и постепенного перехода, 2 — линии фациального замещения, 3 — морены, 4 — аллювий песчаный, 5 — аллювий супесчано-суглинистый, 6 — старичные илы и торфяники, 7 — озерные и лиманные глины, 8 — лиманные пески, 9 — морские глины, 10 — индексы свит озерно-аллювиальных, аллювиально-дельтовых: Sl — соликамская, Vn — венедская, V1, IV1, III1 — нижние свиты пятой, четвертой и третьей террас, V2, IV2, III2 — верхние свиты тех же террас, IIb, IIc, II — аллювий высокого, среднего и низкого уровней второй террасы, I, П — аллювий первой террасы и поймы; 11 — индексы ледниковых горизонтов: Km — камский, Ok — окский, Br2 — верхнеберезинский, Dn — днепровский, Ms — московский, Kl — калининский, VI — валдайский; морских горизонтов: Ak1 — нижнеакчагыльский, Ak2 — среднеакчагыльский, Ak3 — верхнеакчагыльский, Bk2 — верхнебакинский, Bk1 — нижнебакинский, Hz1 — нижнехазарский, Hz2 — верхнехазарский, Hv1 — нижнехвалынский, Hv2 — верхнехвалынский, Nk — новокаспийский, Ap1 — нижнеапшеронский, Ap2 — среднеапшеронский, Ap3 — верхнеапшеронский

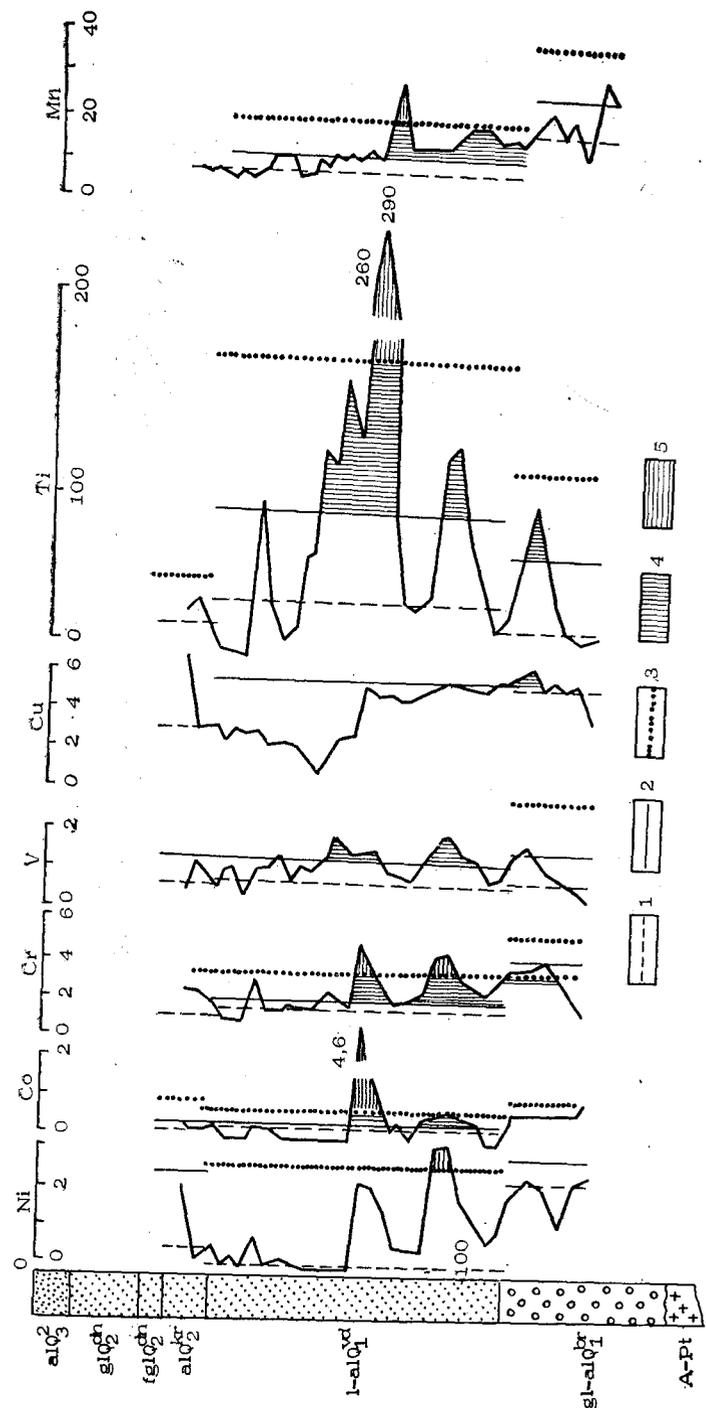


Рис. 48. Геохимическая спектрограмма аллювиальных комплексов: 1 — среднемедианная концентрация микроэлементов в осадках данного возраста, 2 — верхний предел нормального поля, 3 — величина аномального значения при  $p=0,05$ , 4 — повышенные концентрации, 5 — аномальные концентрации

## Синхронизация событий антропогена

Ледниковая область	Внеледниковая область	Прикаспийская впадина
Послеледниковье	Формирование пойм, донного рельефа на низких террасах	Новокаспийская трансгрессия
Позднеледниковье: салпауселься аллеред	Формирование террасы фазы размыва	Позднехвалынские регрессивные фазы
Валдайское оледенение: лужская стадия, плюсский межстадиал крестецкая стадия	Формирование низкого уровня II террасы Фаза размыва	Позднехвалынская (урдинская) трансгрессия Регрессия
мстинский интерстадиал, осташковская (вепсовская) стадия	Формирование среднего уровня II террасы	Раннехвалынская трансгрессия
Молого-Шексинское межледниковье	Фаза размыва	Фаза размыва
Калининское оледенение: вышневолоцкая стадия интерстадиал, главная стадия верхневолжский интерстадиал	Углубление долин Формирование верхней свиты высокого уровня Образование II террасы и солифлюкционно-делювиальных склонов, образование горизонта старичных илов Формирование нижней свиты высокого уровня II террасы	Регрессия Накопление ательских суглинков Гирканская трансгрессия
I стадия		Формирование ахтубинских слоев
Микулинское межледниковье	Фаза размыва	Фаза размыва
Московское оледенение: стадия отступления, главная стадия (бронницкая) городецкий интерстадиал	Углубление долин, формирование верхней свиты III террасы Образование горизонта старичных илов (городецкие слои) Формирование нижней свиты III террасы	Верхнехазаровская трансгрессия: регрессия, фаза опесчанивания  максимальная фаза до г. Балаково  начальная фаза
I стадия		
Одинцовское (рославльское) межледниковье	Фаза залива	Фаза размыва

## Поволжья (Кожевников, 1976)

Палеоклиматическая характеристика	Абсолютный возраст, тыс. лет; ритмы, циклы			
		I	I	Голоцен
Растительность современного типа				
Смешанные леса с широколиственными в районе г. Горького. Еловые леса у г. Чебоксары	10			Верхний плейстоцен
Мерзлота в районе г. Горького, хвойные леса на широте Казани Мерзлота на Верхней Волге, растительность современного типа Проникновение таежной растительности к югу от Жигулей	15	4	II	
	20—23	3		
Смешанные леса, степи до г. Балаково	24—45			
Климат перигляциальный (ярко выражен)	50	2		Верхний плейстоцен
Широколиственные до широты Казани, на юге степи	55—65		I	
Сосновые леса в Прикамье		1		
Климат теплее современного, формирование черноземных почв	70—130			Средний плейстоцен
Климат перигляциальный	140	6	III	
Смешанные леса с широколиственными до широты Казани, степи южнее Саратова. Тайга в Среднем Поволжье, севернее перигляциальные степи		5		
Климат теплее современного, формирование подзолистых почв				

кам и т. д. В работе Г. И. Горецкого (1980) проблемы корреляции аллювия решаются в тесной взаимосвязи с корреляцией ледниковых комплексов отложений, биостратиграфической корреляцией осадков межледниковий на основе палинологических, карпологических, диатомовых, остракодовых, териологических исследований, методами сопоставлений разрезов по данным литолого-генетических характеристик пород определенных палеогеографических арен.

В основу корреляции по геохимическим данным Н. М. Страховым (1957) положен метод построения «опорного» разреза с графиками распределений химических элементов, сравнения с ним других разрезов и выделения на последних сходных с «опорным»

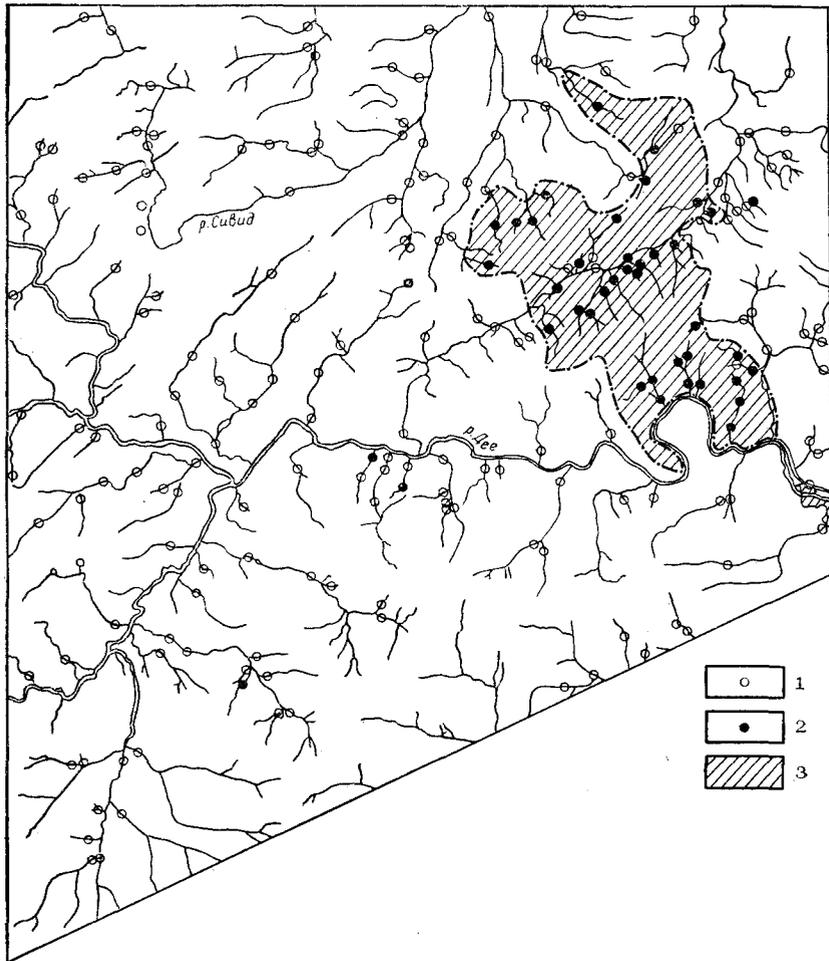


Рис. 49. Содержание молибдена в речных осадках и границы предполагаемого оруденения (Thornton, 1977). Содержания молибдена ( $n \cdot 10^{-4}\%$ ): 1— $<2$ ; 2— $>2$ ; 3 — границы оруденения

разрезом частей. При таком сопоставлении необходимо учитывать петрографические классы пород (песчаники, алевролиты, аргиллиты), на фоне которых выделялись бы зоны усиленной аккумуляции химических элементов, не связанные с изменениями петрографии пород или их фациальной принадлежностью. Н. М. Страхов основывает геохимическую корреляцию на данных спектрального анализа горных пород и осадков, выделяя методы: а) визуально качественный — по присутствию или отсутствию химических элементов или их определенных ассоциаций; б) количественный — по

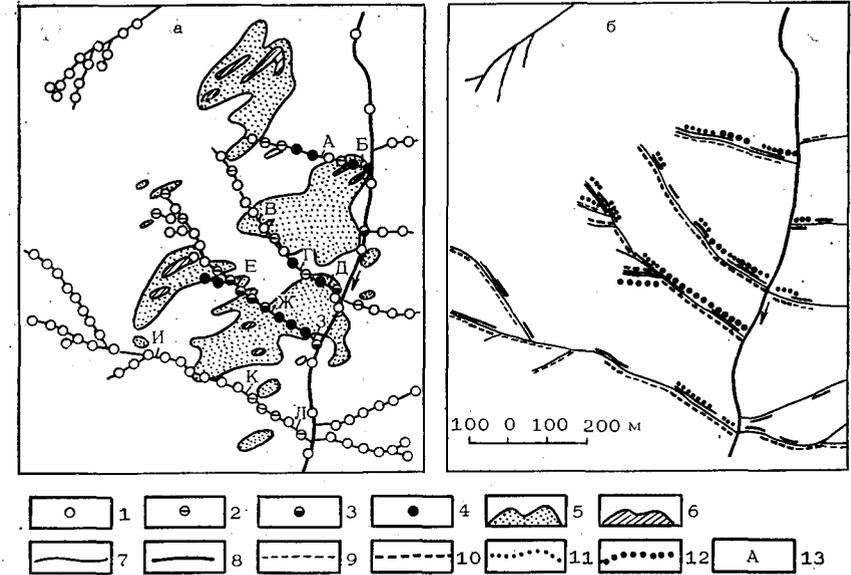
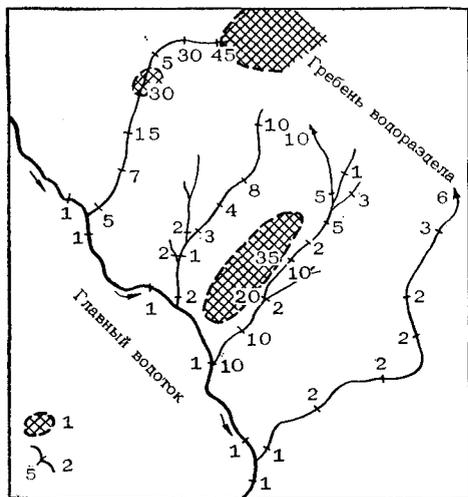


Рис. 50. Ореолы и потоки рассеяния молибдена (а) и сводная карта потоков рассеяния (б) на площади одного из урановых рудопоявлений (Боголюбов, 1964). Содержание молибдена в аллювии: 1 — менее 10, 2—10—30, 3—30—100, 4— $>100$ ; во вторичном ореоле: 5—10—100, 6— $>100$ . Потоки рассеяния урана: 7—3—10, 8— $>10$ ; свинца: 9—10—30, 10— $>30$ ; молибдена: 11—10—30, 12— $>30$ ; 13 — пункты, для которых рассчитывался коэффициент К

распределению химических элементов (т. е. процентному содержанию элементов либо величинам почернения их линий). Применяются Zr, Ti, Cr, Ga, Fe, Al — для песчаников; Zr, Ga, Cr, V, Ni, Co, Cu, Mn, Sr, Ba, Mg, Ca, Li, Rb, K, Na, Ge, Be — глины; Sr, Ba, Mn, Cu, Ni, Na, Mg, Al, Si — для карбонатных пород; соотношения пар Na : K, K : Li, Ca : Mg, C : Sr, Sr : Ba, V : Cr, V : Ni, Fe : Mn, Ti : Zr, Al : Si, Cu : Ni и т. д. При анализе данных, представляемых в виде геохимических диаграмм, корреляция ведется по относительным изменениям концентраций элементов в различных горизонтах или их частях.

С целью уточнения стратиграфического положения горизонта и его пространственного прослеживания используются данные спектрального анализа: а) с выделением руководящих элементов



для свит, анализом изменений их концентраций вверх по разрезу, их отношений к кларкам и величинам геохимических коэффициентов  $Ca : Sr$ ,  $Ca : Ba$ ,  $Sr : Ba$ ,  $Fe : Mn$ ,  $Mn : Cr$ ,  $Ni : V$ ,  $Mn : Cu$  и др. (Катченков, 1952, 1957); б) с анализом типов распределений микроэлементов по отдельным горизон-

Рис. 51. Рассеяние меди в осадках водотока, дренирующего медное оруденение, Уганда (Хокс, Уэбб, 1964): 1 — рудоносные участки, 2 — содержание меди в осадках

там (Бордон, 1976); в) с сопоставлениями графиков распределения ассоциаций элементов по свитам (см. рис. 41). При графических сопоставлениях широко используются спектрокартажные диаграммы, на которых рядом с литологической колонкой показаны пределы и средние величины концентраций химических элементов,

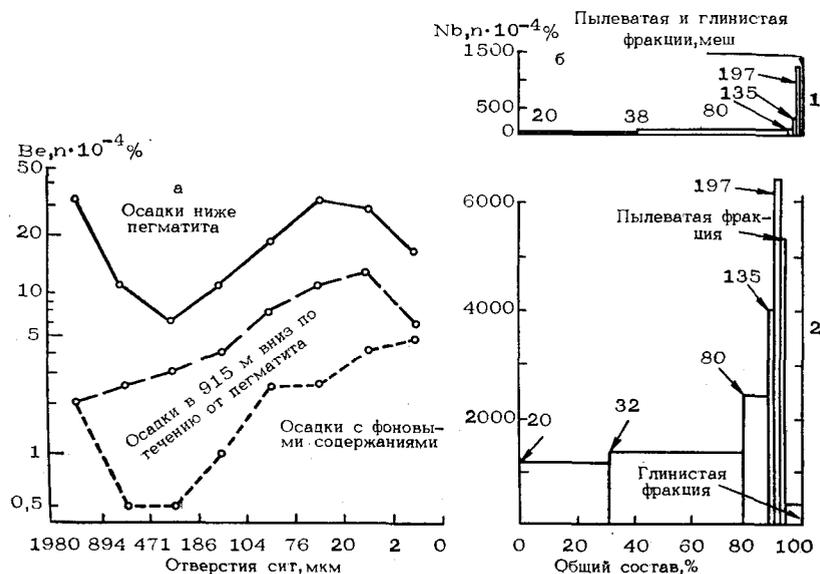


Рис. 52. График содержания бериллия (а) и ниобия (б) в отдельных фракциях осадков водотоков в зависимости от коренного источника (Хокс, Уэбб, 1964): 1 — ниже в 19,3 км от выхода пирохлоровых карбонатитов, 2 — с участка выхода карбонатитов (—80 меш—отверстие 186 мкм)

кларки, нижние пределы аномальных содержаний и другие показатели (рис. 48).

Для геохимической корреляции в связи с поисками полезных ископаемых даны показательные карты ореолов и потоков рассеяния и их сводные материалы (рис. 49—51). Для суждения об удаленности мест опробования от коренного источника, которым могут оказаться рудопроявления и месторождения, строятся графики распределения металлов в определенных фракциях. Применимость таких графических построений ограничивается конкретными районами геологических съемок и поисков полезных ископаемых (рис. 52).

### Математическая статистика при геохимической корреляции

Ряд специальных математических приемов и методов (Вистеллиус, 1980; Гавришин, 1980; Дубов, 1974; Рабинович, 1970; Родионов, 1968; Миллер, Кан, 1965 и др.) широко применяется в практике геохимических исследований, геолого-поисковых работ, а также при корреляции.

Для корреляции используются статистические методы распределения химических элементов в различных осадках, горных породах, рудах, почвах, водах: критерии Стьюдента, Фишера, Вилкоксона, Смирнова, скользящего среднего (тренды), многомерного анализа и др. Применяются приемы распознавания природных объектов, выбор эталонных объектов, определение наиболее информативных признаков, критерии надежности тех или иных математических данных. Указанные задачи решаются на основе автоматизации и разработок специальных программ и алгоритмов.

При корреляции используются преимущественно следующие способы и методы: а) статистический анализ различных числовых совокупностей — выделение однородных совокупностей на основе данных химического, гранулометрического и минералогического состава осадков; б) корреляционный анализ — расчеты коэффициентов корреляции концентраций химических элементов и построение рядов подвижности с выяснением парагенетических ассоциаций элементов, наиболее важных для сопоставлений; в) исследование функций распределения химических элементов, на основании которых осуществляются корреляции по данным дисперсии, стандартных отклонений, асимметрии; г) оценка аномальных содержаний, выяснение связей между случайными величинами, проверка эмпирического и теоретического распределения элементов; д) сопоставление характеристик нормального фона, аномальности и т. д.

Для точности сопоставлений расчет парных коэффициентов корреляции данных гранулометрического, минералогического и химического состава аллювиальных отложений должен проводиться с учетом литологических, фациальных, временных, пространственных и других особенностей горных пород.

Ряд математических уравнений и зависимостей, связанных с закономерностями распределения химических элементов в аллювиальных потоках рассеяния, сортировкой рудного вещества, динамикой и переформированием ореолов рассеяния в речных долинах, важных для геохимической корреляции, приводится в работе В. В. Поликарпочкина (1976).

З. А. Яночкина, В. Я. Воробьева (1968) на основе математической статистики данных состава верхнепермских отложений Приуралья оценили информативность концентраций химических элементов и их соотношений для разделения морских и континентальных палеообстановок региона и пришли к заключению, что для глин наиболее информативна система Sn, Zn, Sr, Cr и Ba; для песчаников — Mo, Zn, W, Pb, Mn, V, Cr, Sn. Такие элементы, как Ni, Cu, Ti, Co, Zr, Sr, не информативны, однако их отношения Cu:Zr, Ti:Zr, Co:Zr, Zr:Co, Ni:Zr, Ti:Co, Co:Cr могут быть использованы для указанных целей.

При статистической обработке геохимических данных для корреляции осадочных толщ А. В. Рабинович (1970) подчеркивает важность применения методов обзора числовых совокупностей, определения момента нарушения стационарности, выделения однородных геологических совокупностей и т. д.

В последнее время все большее развитие при корреляции получает математическое моделирование. Особое внимание уделяется созданию математических теорий корреляции различных геологических и геохимических процессов и их продуктов; стратиграфических и литостратиграфических единиц; морфо-, био-, лито- и геохимических признаков в возрастном, площадном и зональном отношениях, корреляции данных геофизического изучения скважин и седиментологических, литологических и геохимических признаков и особенностей слагающих пород, оценки точности методов корреляции и их «работоспособности» в определенных возрастных и площадных (местных и региональных) интервалах.

---

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщение обширного фактического материала, накопленного при геологическом и геохимическом изучении речных долин и аллювиальных отложений, показывает, что сложились определенная терминология, понятия и принципы, лежащие в основе геологической корреляции в речных долинах для решения научных и прикладных задач.

Знание геологических обстановок речного седиментогенеза и геохимических закономерностей аллювиального литогенеза лежит в основе методов геохимической корреляции в речных долинах, которые находят широкое применение наряду со стратиграфическими, палеонтологическими, геоморфологическими, литологическими и другими методами сопоставлений. Важными приемом и методом корреляции являются геохимические реконструкции условий, процессов и продуктов аллювиального литогенеза, палеогеографических обстановок речных долин и водосборных площадей.

Геохимические корреляции аллювиальных процессов и отложений в речных долинах охватывают прослеживание фаций, свит, формаций, геоморфологических элементов долинных ландшафтов и продуктов аллювиального рудогенеза. Корреляции в речных бассейнах и различных регионах в основном решают вопросы сопоставительного исследования состава аллювия и пород водосборов; состава аллювия и геохимических процессов на водоразделах; продуктов речного, дельтового и прибрежно-морского литогенеза; аллювия разных геологических структур и т. д.

При геохимической корреляции применительно к конкретным геологическим регионам и задачам используют различные подходы и способы, охватывающие отдельные химические элементы и их ассоциации. Несмотря на большое разнообразие, геохимическая корреляция исходит из закономерностей геохимии аллювиального лито- и рудогенеза и опирается на ряд общих критериев, на типоморфные химические элементы и их ассоциации, а также типоморфные минералогические и другие формы их нахождения в речных осадках.

Геохимическая корреляция имеет наибольшие достижения, если она проводится в сочетании с комплексом других методов и сопровождается оценкой коррелятивной информативности геохимических критериев сопоставлений.

Накоплен определенный опыт при использовании геохимической корреляции в решении прикладных задач.

Оценивая состояние геохимической корреляции в речных долинах, необходимо отметить недостаточность, на наш взгляд, лито-геохимических исследований по осмыслению индикационной природы отдельных геохимических показателей, работ по сочетанию геохимических и геофизических методов корреляции, сравнительной оценки данных различных методов сопоставлений. Корреляции охватывают лишь отдельные части разрезов аллювиальных толщ, ограничиваются участками погребенных речных долин или отдельными геологическими структурами; межрегиональные и тем более глобальные геохимические корреляции по аллювию находятся на начальном этапе. Геохимические приемы корреляции еще в недостаточной мере охватывают геолого-съёмочные, поисковые и разведочные работы в речных долинах.

Методы и приемы геохимической корреляции в речных долинах, как нам представляется, должны развиваться по следующим направлениям:

совершенствование критериев корреляции и реконструкций в областях развития морских и пресноводных отложений, выделения и прослеживания аллювиальных фаций, горизонтов, свит, продуктов речного седиментогенеза в пределах одной долины и долин с общими бассейнами эрозии; методов определений и корреляции палеоклимата, тектоники, ледниковых и внеледниковых зон по данным химического состава аллювия;

выяснение геохимических показателей унаследованности и эволюции состава аллювиальных отложений и их вертикальной и горизонтальной зональности;

разработка региональных критериев состава, строения речных бассейнов, их геологического развития и палеогеографических арен по составу речных отложений;

сопоставление процессов рудообразования в регионе и выяснение распространения месторождений полезных ископаемых в речных долинах на основе кларков, парагенезисов химических элементов и изотопов, взаимосвязей ореолов рассеивания и концентраций в аллювиальных отложениях;

изучение взаимосвязей металлогенических эпох, провинций и зон с рудоносными формациями аллювия;

усиление межрегиональных и глобальных сопоставлений аллювиальных отложений;

определение степени информативности критериев и данных геохимической корреляции в сравнении с другими приемами геологической корреляции.

Мы вправе ожидать на этих направлениях в ближайшие годы новых достижений и открытий. Дальнейшее расширение и углубление исследований по геохимической корреляции применительно к речным долинам послужат получению новых научных знаний о строении, составе, развитии, минеральных богатствах земной коры, а также решению многих прикладных задач народного хозяйства.

## ЛИТЕРАТУРА

**Абрамов С. П.** Об инженерно-геологическом изучении аллювия равнинных рек.— Тр. Совещания по инженерно-геологическим свойствам горных пород и методам их изучения. М., 1957, т. 2, с. 235—245.

**Адмакин Л. А.** Два типа концентраций германия в углях.— Докл. АН СССР, 1975, т. 224, № 1, с. 194—197.

**Акульшина Е. П., Владимирова А. И., Горовой Л. Я.** Литолого-геохимическая характеристика обстановок осадконакопления верхнедокембрийских отложений Южного Заангарья Енисейского кряжа.— В кн.: Геохимия докембрийских и палеозойских отложений Сибири. Новосибирск, 1973, с. 19—60.

**Алекин О. А.** Основы гидрохимии.— 2-е изд. Л.: Гидрометеониздат, 1970.— 432 с.

**Алексеев В. А., Войткевич Г. В.** Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых.— М.: Недра, 1979.— 311 с.

**Алексина И. А.** Бор в глинистой фракции донных отложений Азовского моря.— Докл. АН СССР, 1972, т. 204, № 3, с. 700—703.

**Алешинская З. В., Бондарев Л. Г., Бондарев В. Я.** Погребенные почвы Иссыккульской котловины в палеогеографическом аспекте.— В кн.: Динамика природных процессов горных стран. Л.: ГО СССР, 1977, с. 40—46.

**Алешинская З. В., Воскресенская Т. Н., Лефлат О. Н., Шумова Г. Н.** Вещественный состав и палеогеографические условия формирования Шарпалдакской свиты Иссыккульской впадины.— В кн.: Новейшая тектоника, отложения и человек. М.: Изд-во МГУ, 1972, № 3, с. 139—147.

**Алявдин Ф. А., Шкатова В. К.** Сопоставление террас долины Средней и Нижней Волги с трансгрессиями и оледенениями.— В кн.: Периодизация и геохронология плейстоцена: Материалы к симпозиуму (Ленинград, ноябрь, 1970). Л., 1970, с. 119—121.

**Ананьев Э. Д.** Опыт интерпретации минералогических спектров рыхлых отложений для палеогеографических реконструкций.— Вестн. МГУ, сер. 5. География, № 2, 1966, с. 62—64.

**Антропова Л. В.** Формы нахождения элементов в ореолах рассеивания рудных месторождений. Л.: Недра, 1975.— 144 с.

**Архипов С. А.** Новые данные о возрасте и происхождении террас Оби. Западная Сибирь.— В кн.: Тезисы докладов советских ученых к IX конгрессу ИНКВА (Новая Зеландия, 1973). М.: Наука, 1973, с. 3—4.

**Афремов Д. Н.** Изменчивость состава и свойств аллювия как показатель условий осадконакопления.— Докл. АН СССР, 1976, т. 230, № 1, с. 178—181.

**Ахмедов А. М.** Марганец в метаосадочных породах печенгского комплекса как показатель фациальных условий седиментации.— В кн.: Материалы по геологии и металлогении Кольского полуострова, вып. 4. Апатиты. М., 1972, с. 125—132.

**Ахметьева Н. П.** История формирования долины р. Амур и ее низовья.— В кн.: Стратиграфия, палеогеография и литогенез антропогена Евразии. М., 1973, с. 49—53.

**Бабаева В. С.** Литолого-минералогические особенности Кулябских отложений юго-западного Таджикистана.— В кн.: Литология и стратиграфия нефтегазовых толщ Таджикской депрессии. Душанбе, 1972, с. 73—88.

**Бадамгаров Д., Лискин И. Г.** Условия образования палеогеновых осадков долины озер Центральной Монголии.— Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. геол., 1976, т. 51 (3), с. 73—79.

**Бакшуттов В. С., Шимановский Л. А.** О гидрохимической контролируемости россыпных месторождений.— В кн.: Процессы дифференциации и методы исследования четвертичных терригенных отложений. Пермь, 1973, с. 8—9.

**Багурин В. П.** Введение в геологию дельты Волги.— В кн.: Геология дельты Волги: Тр. Гос. океанографического ин-та, Л.: Гидрометеонздат, 1951, вып. 18 (30), с. 12—49.

**Безденежных Л. П., Негруца Т. Ф., Негруца В. З.** К методике фацального изучения осадочно-метаморфических толщ Карелии и Кольского полуострова.— В кн.: Проблемы осадочной геологии докембрия, вып. 1. М.: Недра, 1966, с. 253—276.

**Белевич Е. Т.** Строение русел водотоков в нижней зоне дельты Волги.— Тр. Астраханск. заповедника. Астрахань, 1961, вып. 5, с. 6—44.

**Берг Л. С., Краснова Н. Т.** Объяснительная записка литолого-морфологической карты дельты Волги.— В кн.: Геология дельты Волги: Тр. Гос. океанографического ин-та. Л.: Гидрометеонздат, 1951, вып. 18 (30), с. 65—80.

**Беус А. А., Грабовская Л. И., Тихонова Н. В.** Геохимия окружающей среды.— М.: Недра, 1976.— 248 с.

**Беус А. А., Григорян С. В.** Геохимические методы поисков и разведки твердых полезных ископаемых.— М.: Недра, 1975.— 280 с.

**Билибин Ю. А.** Основы геологии россыпей. Изд. 3.— М., 1956.— 463 с.

**Бобров Е. Т., Левченко С. В.** Вопросы бокситоносности мезозойских отложений Русской платформы.— В кн.: Экзогенные полезные ископаемые. М.: Недра, 1976, с. 30—36.

**Боброва Л. А., Кузнецов В. А., Шиманович С. Л.** Материалы к геохимической характеристике древнейших озерно-аллювиальных отложений Белорусского Понеманья.— В кн.: Пограничные горизонты между неогеном и антропогеном. Мн.: Наука и техника, 1977, с. 243—254.

**Богданов Ю. В.** Условия формирования медистых отложений в районе Удоканского месторождения.— В кн.: Геохимия осадочных пород и руд. М.: Наука, 1968, с. 375—385.

**Богдашева Л. И., Стругов А. С.** Соотношение состава мега- и микроспор, пыльцы гинкговых и хвойных в зависимости от условий накопления русловых и болотных фаций лейаса.— В кн.: Материалы по биостратиграфии и палеогеографии Восточной Сибири. М.: Наука, 1975, с. 64—73.

**Боголюбов А. Н.** Потоки рассеяния.— В кн.: Использование ореолов рассеяния урана и элементов-спутников при поисках и разведке гидротермальных урановых месторождений. М.: Недра, 1964.

**Боголюбов А. Н., Ворошилов Н. А., Ворошилова Л. Н.** Физико-химические основы термоманнитного геохимического метода и первый опыт его использования.— В кн.: Геохимические основы поисков и прогнозирования рудных месторождений. Новосибирск: Наука, 1978, с. 163—170.

**Бордон В. Е.** Геохимия и металлоносность осадочного чехла Белоруссии.— Мн.: Наука и техника, 1977.— 262 с.

**Бордон В. Е.** Геохимическая специализация девонских отложений Припятской впадины.— Мн.: Наука и техника, 1976.— 132 с.

**Ботвинкина Л. Н.** Методическое руководство по изучению слоистости.— Тр. ГИН АН СССР. М.: Наука, 1965, вып. 119, с. 259.

**Бочкарев Б. Н., Жаворонков В. Я., Куликов А. А.** Микропримеси в кварцах Енисейского кряжа по данным инструментального нейтронно-активационного анализа.— Геохимия, 1975, № 1, с. 135—139.

**Булл У.** Выявление в стратиграфическом разрезе отложений пролювиальных конусов выноса.— В кн.: Условия древнего осадконакопления и их распознавание. М.: Мир, 1974, с. 87—110.

**Валиев Ю. Я.** Геохимия бора в юрских отложениях Гиссарского хребта.— Тр. ГИН АН СССР. М.: Наука, 1977, вып. 298, с. 152.

**Валиев Ю. Я., Пагаджанов Д. Н., Адамчук И. П.** Особенности геохимии бора в глинистых минералах (на примере юрских отложений Гиссарского хребта).— Литология и полезные ископаемые, 1975, № 1, с. 151—156.

**Ван Хуген Ф. Б.** Некоторые нерешенные проблемы генезиса красноцветов.— В кн.: Проблемы палеоклиматологии: Тр. симпозиума. М.: Мир, 1968, с. 421—434.

**Вартельский В. И., Нагевич П. П., Насонов В. Г., Слесаренко И. В.** Некоторые особенности распределения фильтрационных свойств аллювиальных отложений межгорных речных долин Средней Азии.— Науч. тр. Ташкентского ун-та, 1975, вып. 484, с. 148—159.

**Великий Н. М.** Основные особенности накопления и значение титаноносного аллювия.— В кн.: Аллювий. Пермь: Изд-во Пермского гос. ун-та, 1976, с. 82—87.

**Верёда В. С.** О закономерностях изменения физико-механических свойств песчаников юго-западной части Донбасса.— Литология и полезные ископаемые, 1975, № 3, с. 144—149.

**Верещагин Н. К.** Берелехское «кладбище» мамонтов.— Тр. Зоологического ин-та АН СССР, 1977, т. 72, с. 5—50.

**Верзилин Н. Н.** Методы палеогеографических исследований.— Л.: Недра, 1979.— 247 с.

**Верзилин Н. Н.** О некоторых приемах использования состава галек для решения палеогеографических вопросов (на примере отложений Ферганской впадины).— Тр. Ленингр. о-ва естествоиспытателей, 1974, т. 74, № 2, с. 20—28.

**Вернадский В. И.** Избранные труды, т. 4.— М.: Изд-во АН СССР, 1960.— 624 с.

**Вернадский В. И.** Химическое строение биосферы Земли и ее окружения.— М.: Наука, 1965.— 374 с.

**Вернер Э.** Геохимический анализ фаций.— Л.: Недра, 1976.— 127 с.

**Викулова М. Ф.** Влияние условий образования глин нижнего карбона западной части Подмосквового бассейна на изменения их состава.— В кн.: Дельтовые и мелководно-морские отложения. М.: Изд-во АН СССР, 1963, с. 206—211.

**Виноградов Б. Г.** Распределение титановых минералов и циркона в осадках яснополянского надгоризонта в Подмосквовом бассейне.— Советская геология, 1962, № 4, с. 100—103.

**Виноградов Б. В.** Растительные индикаторы и их использование при изучении природных ресурсов.— М.: Высшая школа, 1964.— 328 с.

**Вистелиус А. Б.** Основы математической геологии.— Л.: Наука, 1980.— 389 с.

**Вишер Г.** Физическая характеристика аллювиальных отложений.— В кн.: Условия древнего осадконакопления и их распознавание. М.: Мир, 1974, с. 111—129.

**Вознячук Л. Н., Вальчик М. А.** Террасы Немана и их возраст и соотношение с береговыми линиями предледниковых водоемов и Балтийского моря.— В кн.: Baltica, т. 6. Вильнюс: Изд-во АН ЛитССР, 1977, с. 193—209.

**Вознячук Л. Н., Ковалев В. А.** О возможности использования пирита для уточнения возраста позднекайнозойских пресноводных отложений Русской равнины.— Докл. АН БССР, 1979, т. 23, № 2, с. 164—168.

**Вознячук Л. Н., Леонович О. П., Лукашев К. И.** Новая схема стратиграфии и палеогеографии голоцена Белоруссии.— Докл. АН СССР, 1969, т. 186, № 2, с. 399—403.

**Волчегурский Л. Ф., Воробьев В. Т., Галактионов А. Б.** и др. Использование космических снимков для изучения глубинных структур земной коры нефтегазоносных областей.— Изв. высших учебных заведений. Геология и разведка, 1977, № 10, с. 88—96.

**Воронков А. К., Хон М. Т., Яковлев В. Г.** Минералого-геохимические особенности красноцветных пород протерозоя Центральных Кызылжумов.— В кн.: Металлогения и геохимия Узбекистана. Ташкент: Фан, 1974, с. 95—99.

**Гаврилов В. И.** О палеоклиматических реконструкциях по геохимическим данным.— В кн.: Палеогеографические основы рационального использования естественных ресурсов, ч. 1. Киев: Наукова думка, 1977, с. 82—84.

**Гавришин А. И.** Оценка и контроль качества геохимической информации.— М.: Недра, 1980.— 287 с.

**Геологический словарь**, т. 1/Под ред. А. Н. Криштофовича.— М.: Госгеолтехиздат, 1960.— 402 с.

**Геологическое изучение Земли из космоса.**— М.: Наука, 1978.— 227 с.

**Герасимов И. П., Марков К. К.** Четвертичная геология.— М.: Учпедгиз, 1939.— 462 с.

Гинзбург И. И. Опыт разработки теоретических основ геохимических методов поисков руд цветных и редких металлов.—М.: Госгеолтехиздат, 1957.— 299 с.

Глаголева М. А., Туровский Д. С. К познанию геохимии микроэлементов в осадках Среднего Каспия.—Литология и полезные ископаемые, 1975, № 1, с. 20—28.

Горецкий Г. И. Аллювий великих антропогенных прарек Русской равнины.—М.: Наука, 1964.— 415 с.

Горецкий Г. И. Аллювиальная летопись Великого Пра-Днепра.—М.: Наука, 1970.— 491 с.

Горецкий Г. И. Основные задачи палеопотамологических исследований в СССР.—В кн.: Речные системы и мелиорация, ч. 1. Новосибирск, 1977, с. 3—19.

Горецкий Г. И. Особенности палеопотамологии ледниковых областей.—Мн.: Наука и техника, 1980.— 288 с.

Горецкий Г. И. О перигляциальной формации.—Бюл. Комиссии по изучению четвертичного периода АН СССР, 1958, № 22, с. 3—24.

Горецкий Г. И., Астапова С. Д., Шемпель Р. В. и др. Вещественный состав и микроэлементы группы железа антропогенных отложений Белорусского Поманья.—Мн.: Наука и техника, 1978.— 294 с.

Граве Н. П. Тугайские джунгли низовьев Амударьи.—Л.: Власть Советов, 1936.

Григорьев Н. П., Хмелева Н. В., Сысоева С. М. и др. Методика прогноза коренных месторождений золота на основе россыпных механических ореолов в условиях Якутии.—В кн.: Геохимические методы поисков рудных месторождений в северных районах Сибири: Тез. докл. 7-й сессии Сибирск. секции СГПМ. Якутск, 1979, с. 56.

Григорян С. А., Радимова Т. Г. Потоки рассеяния Кафано-Каджаранского рудного района (Армянская ССР).—Ежегодник Ин-та геохимии СО АН СССР, 1975. Новосибирск, 1976, с. 157—160.

Гулд Х. Признаки обстановок осадконакопления — ключ к познанию стратиграфии.—В кн.: Условия древнего осадконакопления и их распознавание.—М.: Мир, 1974, с. 9—12.

Гуляева Л. А., Лосицкая И. Ф., Ковалева Т. А. Ванадий и цинк в каустобиолитах.—В кн.: Микроэлементы в каустобиолитах и осадочных породах. М.: Наука, 1965, с. 62—73.

Гуляева Л. А., Иткина Е. Ф. Галогены в морских и пресноводных отложениях.—Геохимия, 1962, № 6, с. 524—528.

Данилов И. Д. Конкрециеобразование в условиях полярного типа литогенеза.—В кн.: Конкреции и конкреционный анализ. М.: Наука, 1977, с. 45—49.

Данилов И. Д. Полярный литогенез.—М.: Недра, 1978.— 238 с.

Данилов И. Д., Жигарев Л. А. Геохимические методы исследования при палеогеографическом анализе кайнозойских отложений.—В кн.: Палеогеографические основы рационального использования природных ресурсов, ч. 1. Киев: Наукова думка, 1977, с. 23—26.

Дегенс Э. Геохимия осадочных образований.—М.: Мир, 1967.— 299 с.

Дистанов У. Д., Сорокин В. И. О двух генетических типах глауконитов палеогена Поволжья.—Докл. АН СССР, 1973, т. 213, № 1, с. 194—196.

Добровольская И. А., Шкодина Л. П., Аношко Я. И. Вещественный состав карбонатов ледниковых, перигляциальных обстановок осадконакопления.—В кн.: Литология и геохимия перигляциальных отложений. Мн.: Наука и техника, 1977, с. 48—55.

Дромашко С. Г., Шиманович С. Л. Механизм концентрации микроэлементов группы железа и меди в древнеантропогенных озерных отложениях Белорусского Поманья.—В кн.: Вопросы геологии и геохимии земной коры Белоруссии. Мн.: Наука и техника, 1977, с. 76—79.

Дромашко С. Г., Шиманович С. Л., Астапова С. Д., Зайцева Н. В. Дифференциация вещественного состава и микроэлементов антропогенной толщи Белорусского Поманья по генезису, возрасту и пространственному размещению.—В кн.: Вопросы геологии Белоруссии. Мн.: Наука и техника, 1976, с. 45—50.

Дружинин И. П., Коваленко З. П., Кукушкина В. П., Хамьянова Н. В. Речной сток и геофизические процессы.—М.: Наука, 1966.— 296 с.

Дублянский В. Н., Полканов Ю. А. Отложения карстовых полостей Крыма.—В кн.: Минералогия осадочных образований, вып. 1. Киев: Наукова думка, 1974, с. 83—99.

Дубов Р. И. Количественные исследования геохимических полей для поисков рудных месторождений.—Новосибирск: Наука, 1974.— 277 с.

Евцехевич В. Н. Отложение продуктов эрозии в долинах и руслах рек и водоемов, на пойменных дугах.—В кн.: Закономерности проявления эрозионных и русловых процессов в различных природных условиях. М.: Изд-во МГУ, 1976, с. 305—306.

Елисеев В. И. Закономерности образования проловня.—М.: Недра, 1978.— 232 с.

Емельянов Е. М. Некоторые литолого-геохимические индикаторы поступления продуктов денудации суши в конечные водоемы стока (на примере бассейна Атлантического океана).—В кн.: Континентальный и прибрежно-морской литогенез. Новосибирск: ИГиГ, 1977, с. 103—111.

Еськов Б. Г. Инженерно-геологические свойства аллювиальных отложений Днепра.—В кн.: Инженерно-геологическая характеристика осадочных пород Украины. Киев: Наукова думка, 1974, с. 5—47.

Еськов Б. Г. Инженерно-геологические свойства аллювия Среднего Днепра.—Киев: Наукова думка, 1977.— 195 с.

Еськов Б. Г., Митропольский А. Ю. Водно-физические свойства донных отложений Черного моря, водохранилищ и стариц в бассейне Днепра.—Киев: Ин-т геол. наук АН УССР, 1978.— 64 с.

Ефремов И. А. Захоронение динозавров в Нэмэгету (южная Гоби, МНР).—В кн.: Вопросы геологии Азии, вып. 2. М.: Изд-во АН СССР, 1955, с. 789—810.

Жилинский Г. В. О древних россыпях Центрального Казахстана.—Разведка и охрана недр, 1956, № 10, с. 1—11.

Жукова А. В., Калугин А. К. Связь вещественно-петрографического состава РОВ с фациально-палеогеографическими условиями осадконакопления (на примере юрских отложений Мангышлака).—В кн.: Рассеянное органическое вещество на разных этапах литогенеза осадков и процессы нефтеобразования. Л.: ВНИГРИ, 1978, с. 31—75.

Зайко С. М., Лобач Т. Я. К вопросу изучения ветровой эрозии и свойств дефлированных почв в Белорусском Полесье.—В кн.: Закономерности проявления эрозионных и русловых процессов в различных природных условиях. М.: Изд-во МГУ, 1976, с. 229—230.

Зайцева Н. В., Кузнецов В. А. Глины полтавской серии Припятской впадины: характеристика, основные этапы и условия формирования.—В кн.: Неогеновые отложения Белоруссии. Мн.: Наука и техника, 1982, с. 91—104.

Зарицкий П. В. Минералогия и геохимия диагенеза угленосных отложений Донецкого бассейна: Автореф. дис. ... д-ра геол.-минер. наук.—Харьков, 1966.— 45 с.

Зарицкий П. В. О причинах неодинаковой интенсивности и эволюции диагенетического минерало- и конкрециеобразования в разрезе и на площади развития каменноугольных отложений Донбасса.—В кн.: Минералогия осадочных образований, т. 1. Киев: Наукова думка, 1974, с. 125—128.

Захарова Е. М., Ворцнев В. В., Филицина Т. А. Термобарогеохимические исследования для выявления «рудного» кварца.—Докл. АН СССР, 1978, т. 238, № 5, с. 1177—1180.

Захаров М. А., Ильев А. Я., Литвиненко А. У. К литолого-геохимической характеристике третичных отложений южной части Сахалина.—Тр. Сахалинск. комплексного науч.-исслед. ин-та, 1969, вып. 21, с. 86—98.

Зимогляд Б. Н. Некоторые вопросы формирования россыпей золота в зависимости от типов их источников на примере Кузнецкого Алатау.—В кн.: Транспортировка полезных ископаемых в россыпях. Якутск: Якутский филиал СО АН СССР, 1975, с. 30.

Зорин Л. В. О палеогеографическом значении мерзлых слоев.—Науч. докл. высшей школы. Геолого-географические науки, 1959, № 2, с. 212—216.

Ибламинов Р. Г., Кропачев А. М. Изменение связей между малыми элемен-

тами при формировании элювиально-делювиальных и аллювиальных отложений Северного Урала.— Тр. Ташкентск. ун-та, 1976, вып. 496, с. 43—44.

**Ивановская А. В., Соколова М. Ф.** Бор в гидрослюдах как показатель соли-ности.— В кн.: Палеогеографические основы рационального использования есте-ственных ресурсов, ч. 1. Киев: Наукова думка, 1977, с. 33—34.

**Ивенсен Ю. П., Левин В. И., Нужнов С. В.** Формационные типы древних золотосных россыпей и методы их поисков.— М.: Наука, 1969.— 208 с.

**Игнатов П. А.** О методике расчленения континентальных отложений.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1977, № 9, с. 24—28.

**Ипатов М. М., Шеко А. Б.** Глинистые минералы нижнего триаса северной части Московской синеклизы.— В кн.: Экзогенные полезные ископаемые. М.: Недра, 1976, с. 45—57.

**Ициксон М. И.** Шлиховое опробование при геологической съемке и обзор-ных поисках.— М.: Госгеолтехиздат, 1953, с. 330—350.

**Казанский Ю. П.** Седиментология.— Новосибирск: Наука, 1976.— 272 с.

**Карагодин Ю. Н.** Седиментационная цикличность.— М.: Недра, 1980.— 242 с.

**Касимов Н. С., Евсеев А. В.** Использование геохимических методов изучения континентальных отложений в целях палеогеографических реконструкций.— В кн.: Палеогеографические основы рационального использования естественных ресурсов, ч. 1. Киев: Наукова думка, 1977, с. 20—21.

**Катченков С. М.** Корреляция нижнепермских отложений по химическим элементам, определяемым методом спектрального анализа.— Докл. АН СССР, 1952, т. 82, № 6, с. 961—964.

**Катченков С. М.** Корреляция осадочных толщ по химическим элементам с помощью спектрального анализа.— В кн.: Методы изучения осадочных пород, т. II. М.: Госгеолтехиздат, 1957, с. 494—503.

**Катченков С. М.** Малые химические элементы в осадочных породах и неф-тях.— М.: Гостоптехиздат, 1959.— 271 с.

**Катченков С. М., Дергачева Л. П., Флегонтова Е. И.** Микроэлементы — ин-дикаторы условий осадконакопления.— В кн.: Международный геохимический конгресс: Тез. докл., т. 2. М.: Наука, 1971, с. 830—831.

**Кейт М. А., Дегенс Э. Т.** Геохимические индикаторы морских и пресновод-ных осадков.— В кн.: Геохимические исследования. М.: Изд-во иностр. лит., 1961, с. 56—85.

**Кленова М. В., Берг Л. С., Краснова Н. Г.** Геология дельты Волги.— Тр. Гос. океанографического ин-та, М., 1951, вып. 18 (30), с. 49—65.

**Клюканова И. А.** Взвешенные наносы Амударьи и их ирригационное значе-ние.— М.: Наука, 1971.— 112 с.

**Ковда В. А., Якушевская И. Р., Тюрюканов А. Н.** Микроэлементы в почвах Советского Союза.— М.: Изд-во МГУ, 1959.— 67 с.

**Кожевников А. В.** Антропоген Поволжья: Геохронологический очерк.— В кн.: Новейшая тектоника, новейшие отложения и человек. М.: Изд-во МГУ, 1976, № 6, с. 52—78.

**Кожевников А. В.** Опыт сопоставления морских и континентальных отложе-ний в прибрежных зонах Кавказа и Крыма.— В кн.: Палеогеография и отложе-ния плейстоцена южных морей СССР. М.: Наука, 1977, с. 43—50.

**Колосова Г. Н.** Отражение возрастных особенностей осадков позднего кай-нозоя в их минералогических спектрах (на примере горных районов северо-во-стока СССР).— В кн.: Прикладная геоморфология. М., 1976, с. 55—57.

**Кондаков А. Н.** К вопросу о возможности использования геохимических данных для корреляции и фашиального анализа юрских отложений.— Изв. Таш-кентск. политехн. ин-та, 1966, т. 151, с. 165—173.

**Конкреции и конкреционный анализ.** Всесоюзная научная конференция, 1973: Тез. докл.— Харьков, 1973.— 182 с.

**Коротаев В. Н., Сидорчук А. Ю.** Формирование дельтовых побережий в устьях северных рек.— В кн.: Эрозия почв и русловые процессы, вып. 4. М.: Изд-во МГУ, 1974, с. 155—162.

**Корреляция угленосных отложений и угольных пластов в Донецком бас-сейне.** / Под ред. А. В. Македонова.— Л.: Недра, 1972.— 112 с.

**Костерин А. В.** Шлихо-минералогический и шлихо-геохимический методы поисков месторождений.— Новосибирск: Наука, 1972.— 124 с.

**Кочемасов Ю. В.** Магнитная восприимчивость как индикатор условий на-копления терригенных осадков в береговой зоне.— В кн.: Процессы миграции вещества в береговой зоне. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1978, с. 61—67.

**Крашенинников Г. Ф.** Учение о фашиях.— М., 1971.— 368 с.

**Крашенинников Г. Ф.** Условия накопления угленосных формаций СССР.— М.: Изд-во МГУ, 1957.— 294 с.

**Кропачев А. М., Лунев Б. С.** К геохимии аллювия Глазовской синеклизы.— Уч. зап. Пермск. ун-та, 1964, № 121, с. 113—116.

**Кросби Э.** Классификация обстановок осадконакопления.— В кн.: Условия древнего осадконакопления и их распознавание. М.: Мир, 1974, с. 12—22.

**Кузнецов В. А.** Геологические условия формирования аллювия бассейна Верхнего Днепра в палеоген-антропогене: Автореф. дис. ... д-ра геол.-минер. наук.— Вильнюс, 1973а.— 44 с.

**Кузнецов В. А.** Геохимические поиски полезных ископаемых в речных доли-нах.— Мн.: Наука и техника, 1976.— 308 с.

**Кузнецов В. А.** Геохимия аллювиального литогенеза.— Мн.: Наука и техни-ка, 1973б.— 280 с.

**Кузнецов В. А., Зайцева Н. В., Шимко Г. А.** Формы нахождения микроэле-ментов в глинистых отложениях надугольной толщи неогена Припятской впа-дины.— В кн.: Исследования земной коры Белоруссии. Мн.: Наука и техника, 1981, с. 76—85.

**Кузнецов В. А., Калиновский П. Ф.** К изучению микроэлементов в костных остатках ископаемых млекопитающих антропогена.— В кн.: Геологическое изучение территории Белоруссии. Мн.: Наука и техника, 1979, с. 149—153.

**Кузнецов В. А., Калиновский П. Ф.** Микроэлементы в костных остатках ископаемых млекопитающих из антропогенных отложений Белоруссии.— Докл. АН БССР, 1980, т. 24, № 8, с. 744—746.

**Кузнецов В. А., Матрунчик Л. И.** Аллювиальные комплексы отложений зем-ной коры Белоруссии и их металлоносность.— Мн.: Наука и техника, 1978.— 186 с.

**Кузнецов В. А., Фоменко Л. М.** К распространению микроэлементов в при-родных водах Белорусского Полесья.— Докл. АН БССР, 1980, т. 24, № 3, с. 260—263.

**Кузнецов В. А., Фоменко Л. М., Шимко Г. А.** Поведение цинка в техногео-химических ореолах рассеяния.— В кн.: Геохимические методы мониторинга. Мн.: Наука и техника, 1980, с. 84—88.

**Кузнецов В. А., Шиманович С. Л.** О сопряженности химического, минерал-огического и гранулометрического составов руслового аллювия р. Неман в процессе дифференциации.— В кн.: Процессы дифференциации и методы исследо-вания четвертичных терригенных отложений. Пермь: Изд-во Пермск. ун-та, 1973, с. 53—54.

**Кузнецов В. А., Шиманович С. Л.** Состав аллювиальных отложений как по-казатель размыва ледниковых образований и его использование при палеогео-графических реконструкциях.— В кн.: Тезисы докладов межведомственного со-вещания «Полевые и лабораторные методы исследования ледниковых отложе-ний». Таллин: Изд-во АН ЭССР, 1980, с. 71.

**Кузнецов В. А., Шиманович С. Л.** Сравнительная характеристика минераль-ного состава олигоцен-миоценовых отложений Белоруссии и Прибалтики.— В кн.: Неогеновые отложения Белоруссии. Мн., 1982, с. 115—120.

**Кузнецов В. А., Шиманович С. Л., Шимко Г. А.** Формы миграции и распро-странения микроэлементов в аллювии ложбин ледникового выпахивания и раз-мыва Белорусского Понеманья.— Докл. АН БССР, 1979, т. 23, № 12, с. 1121—1124.

**Кузнецов В. А., Шиманович С. Л., Янковская Т. А., Каган Л. М.** Использо-вание элементов-примесей в минералах при поисках полезных ископаемых в Бе-лорусском кристаллическом массиве.— В кн.: Опыт и методика изучения форм нахождения элементов в горных породах и ореолах рассеяния. Таллин: Валгус, 1976, с. 78.

**Кузнецов В. А., Шимко Г. А.** Использование форм нахождения марганца для разделения континентальных и морских условий литогенеза.— В кн.: Гео-

химические показатели при изучении геологических процессов и поисках полезных ископаемых. Мн.: Наука и техника, 1980, с. 14—16.

**Кузнецов В. А., Шимко Г. А.** Формы нахождения макроэлементов в осадках и индикация прибрежных обстановок седиментогенеза.—В кн.: Геохимические методы корреляции. Мн.: Наука и техника, 1982, с. 177—182.

**Кузнецов В. А., Шимко Г. А., Довнар В. В.** Геохимические особенности наилков: состав, условия формирования и техногеохимическая индикация.—В кн.: Материалы техногеохимического изучения ландшафтов Белоруссии. Мн.: Наука и техника, 1981, с. 88—96.

**Кузнецов Н. Т.** Карбонат кальция во взвешенных наносах рек и оросительных систем Средней Азии.—Почвоведение, 1976, № 7, с. 104—109.

**Кузнецов Н. Т., Клоканова И. А.** Современное состояние изученности вещественного состава взвешенных наносов и задачи дальнейших исследований.—Изв. АН СССР. Сер. географ., 1971, № 6, с. 19—30.

**Лавров А. С., Арсланов Х. А.** Возраст и генезис террас Печорской низменности: новые геологические и радиоуглеродные данные.—В кн.: Речные системы и мелиорация, ч. 1. Новосибирск: ИГиГ, 1977, с. 128—131.

**Лаврушин Ю. А.** Аллювий равнинных рек субарктического пояса и перигляциальных областей материковых оледенений.—М.: Изд-во АН СССР, 1963.—266 с.

**Лаврушин Ю. А.** Опыт сравнительной характеристики строения аллювия равнинных рек различных климатических зон.—В кн.: Современный и четвертичный континентальный литогенез. М.: Наука, 1966, с. 162—175.

**Лазаренко А. А.** Литология аллювия равнинных рек гумидной зоны.—М.: Наука, 1964.—236 с.

**Ломакин В. В.** Динамические фазы речных долин и аллювиальных отложений.—Землеведение, 1948, № 2 (42), с. 154—188.

**Лебедев Б. А.** Сопоставление морских и пресноводных глин по содержанию малых химических элементов.—Геохимия, 1967, № 8, с. 1094—1096.

**Лизалек Н. А., Хромов Ю. Я., Демин В. И.** Закономерности изменения обломков бокситов в аллювии р. Гадобец.—Тр. Сибирск. НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, 1975, вып. 189, с. 90—100.

**Лискун И. Г.** Климатическая обстановка в Монголии в период формирования континентальных третичных отложений.—В кн.: Геология четвертичного периода. Инженерная геология. Проблемы гидрогеологии аридной зоны: Доклады советских геологов на XXV сессии Международного геологического конгресса. М.: Наука, 1976, с. 91—97.

**Личков Б. Л.** Современный литогенез на материковых равнинах.—Докл. АН СССР, т. 41, № 4, 1942.

**Ложкин В. В.** Диагностика минералов россыпей.—М.: Госгеолтехиздат, 1962.—243 с.

**Лукашев В. К.** Геохимические индикаторы процессов гипергенеза и осадкообразования.—Мн.: Наука и техника, 1972.—320 с.

**Лукашев В. К.** Геохимия четвертичного литогенеза.—Мн.: Наука и техника, 1970.—296 с.

**Лукашев В. К., Кузнецов В. А., Матрунчик Л. И.** Литогеохимические фации кайнозоя запада Русской платформы.—Мн.: Наука и техника, 1974.—264 с.

**Лукашев В. К., Лукашев К. И.** Научные основы охраны окружающей среды.—Мн.: Высшая школа, 1980.—256 с.

**Лукашев К. И.** Введение в палеогеохимию земной коры.—Мн.: Высшая школа, 1974.—240 с.

**Лукашев К. И.** Генетические типы и фации антропогенных отложений.—Мн.: Изд-во АН БССР, 1960.—368 с.

**Лукашев К. И.** Очерки по геохимии гипергенеза.—Мн.: Наука и техника, 1963.—446 с.

**Лукашев К. И., Добровольская И. А., Кузнецов В. А.** О распространении микроэлементов в поглощенном комплексе аллювиальных отложений в верхней части долины Днепра.—Докл. АН СССР, 1972, т. 204, № 2, с. 960—963.

**Лукашев К. И., Ковалев В. А., Жуховицкая А. Л.** и др. Геохимия озерно-болотного литогенеза.—Мн.: Наука и техника, 1971.—284 с.

**Лукашев К. И., Лукашев В. К.** Пограничный плиоцен-плейстоценовый литогенез. *Studia Geologica Polonica*.—Warszawa, 1977, v. 52, s. 263—269.

**Лунев Б. С.** Дифференциация осадков в современном аллювии.—Пермь: Изд-во Пермск. ун-та, 1967.—333 с.

**Мавлянов Г. А.** О происхождении лесса и лессовых пород южных районов Средней Азии.—В кн.: Материалы Комиссии по изучению четвертичного периода АН СССР, вып. 2. Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1950.

**Макарова Н. В., Макаров В. И., Аникин Б. Е.** Закономерности развития речных долин Средней Азии в четвертичном периоде.—В кн.: Речные системы и мелиорация, ч. 2. Новосибирск: ИГиГ, 1977, с. 21—24.

**Македонов А. В.** Корреляция разрезов с помощью конкреций (на опыте Воркутинского месторождения).—В кн.: Методы изучения осадочных пород, т. II. М.: Госгеолтехиздат, 1957, с. 504—517.

**Маккавеев Н. И.** Русло реки и эрозия в ее бассейне.—М.: Изд-во АН СССР, 1955.—347 с.

**Максимов Е. В.** Проблемы оледенения Земли и ритмы в природе.—Л., 1972.—296 с.

**Максимович Г. А.** Химическая география вод суши.—М.: Географгиз, 1955.—328 с.

**Максимович Г. А., Никонов П. П.** О характеристике пойменных отложений реки Вятки.—Уч. зап. Пермск. ун-та, 1948, т. 4, вып. 4, с. 113—123.

**Малюга Д. П.** К вопросу о корреляции пермских пестроцветов по содержанию кобальта, никеля, меди и других элементов группы железа.—Докл. АН СССР, 1947, т. 58, № 8, с. 1709—1713.

**Мандер Е. П.** Антропогенные отложения и развитие рельефа Белоруссии.—Мн.: Наука и техника, 1973.—128 с.

**Манская С. М., Дроздова Т. В.** Геохимия органического вещества.—М.: Наука, 1964.—315 с.

**Марковский Н. И.** Палеогеографические основы поисков нефти и газа.—М.: Недра, 1973.—302 с.

**Матвеев А. В., Абраменко Н. Н., Левков Э. А., Костко А. А.** Неотектоника территории Припятского прогиба.—Мн.: Наука и техника, 1980.—106 с.

**Махнач А. С., Веретеников Н. В., Шкуратов В. И., Бордон В. Е.** Рифей и венд Белоруссии.—Мн.: Наука и техника, 1976.—360 с.

**Мельник А. П.** Минералого-геохимические критерии распознавания континентальных и прибрежно-равнинных отложений (на примере неогеновых пород юго-запада Восточно-Европейской платформы).—В кн.: Палеогеографические основы рационального использования природных ресурсов, ч. I. Киев: Наукова думка, 1977, с. 26—28.

**Металида С. В.** Индикаторы редкометального оруденения.—В кн.: Вопросы прикладной геохимии.—Киев: Высшая школа, 1974, с. 89—96.

**Методика** корреляции разрезов континентальных угольных толщ на примере некоторых мезозойских впадин Сибири.—Л.: Наука, 1970.—184 с.

**Методы** корреляции угленосных толщ и синонимика угольных пластов / Под ред. И. И. Горского.—Л.: Наука, 1968.—381 с.

**Миллер А. Л., Кан Д. С.** Статистический анализ в геологических науках.—М.: Мир, 1965.—483 с.

**Мирчинк Г. Ф.** Роль молодой тектоники в размещении золотоносных россыпей.—В кн.: Закономерности размещения полезных ископаемых, т. 4. Россыпи. М.: Госгеортехиздат, 1960, с. 30—39.

**Михальченко Б. Ф.** К стратиграфии и литологии четвертичных отложений западной части Кузнецкой котловины.—Изв. Томск. политехн. ин-та, 1966, т. 151, с. 196—206.

**Мицкевич Б. Ф.** Геохімічні ландшафти Українського щита.—Київ: Наукова думка, 1971.—128 с.

**Момджи Г. С., Чистякова Н. М.** Геохимические типы железорудных формаций.—Геохимия, 1979, № 6, с. 840—854.

**Морозов Н. П.** О соотношении форм миграции микроэлементов в водах рек, заливов, морей и океанов.—Геохимия, 1979, № 8, с. 1259—1263.

**Наливкин Д. В.** Учение о фациях.—М.—Л.: АН СССР, 1955, т. I.—534 с.; т. II.—393 с.

**Негруца В. З.** Типы и локализации экзогенных рудных месторождений в терригенных породах докембрия.— В кн.: Терригенные породы раннего докембрия. Апатиты: Кольский филиал АН СССР, 1977, с. 62—73.

**Некос В. Е., Карпов В. И., Бергер М. Г.** Особенности минералогии аллювия некоторых рек левобережья Украины и их связь с неотектоникой.— В кн.: Природные и трудовые ресурсы левобережной Украины и их использование, вып. 2. Харьков: Изд-во Харьковского ун-та, 1967, с. 154—156.

**Несмеянов С. А.** Корреляции континентальных толщ.— М.: Недра, 1977.— 200 с.

**Нестеренко Г. В.** Происхождение россыпных месторождений.— Новосибирск: Наука, 1977.— 312 с.

**Никифорова Г. Я., Болотникова В. Ф.** О распределении урана и некоторых других редких элементов в башкирском ярусе северной окраины Донбасса.— Тр. Всесоюз. науч.-исслед. геол. ин-та, нов. серия, 1972, т. 188, с. 116—121.

**Николаев В. А.** Прареки Западно-Сибирской равнины и проблемы комплексного освоения ее природных ресурсов.— В кн.: История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. Проблемы прикладной геоморфологии. Новосибирск: ИГиГ, 1976, с. 79—86.

**Николаев Н. И.** Генетические типы новейших континентальных отложений.— Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. геол., 1946, т. 21, вып. 4, с. 25—63.

**Николаев Н. И.** О строении поймы и аллювиальных отложений.— В кн.: Вопросы теоретической и прикладной геологии: Сб. науч. статей МГРИ. М., 1947.

**Никольская В. В.** Формы распространения железа в долинах рек бассейна Амура.— Докл. АН СССР, 1963, т. 150, № 6, с. 1327—1329.

**Обедитова Г. В.** Формирование речных систем Русской равнины.— М.: Недра, 1975.— 176 с.

**Оглезнев А. К.** Новообразования тяжелых гидроморфных дерново-подзолистых почв и их значение для диагностики.— Почвоведение, 1968, № 3, с. 27—40.

**Одинцова М. М., Рукавишников В. М., Шаталов В. И., Богданова Л. И.** Позднетриасовые отложения юго-западной Якутии.— В кн.: Материалы по био-стратиграфии и палеогеографии Восточной Сибири. М.: Наука, 1975, с. 56—63.

**Окнова Н. С.** О распределении обломочных минералов в гранулометрических фракциях терригенных пород.— В кн.: Проблемы геологии: Тр. Ленингр. о-ва естествоиспытателей, 1974, т. 74, вып. 2, с. 73—84.

**Осовецкий Б. М.** О связи минерального состава тяжелой фракции аллювиальных отложений с их гранулометрией.— Литология и полезные ископаемые, 1974, № 1, с. 96—109.

**Осовецкий Б. М.** Процессы формирования современного аллювия (на примере Прикамья): Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук.— Пермь, 1968.— 24 с.

**Осовецкий Б. М., Розанов Л. Л.** Опыт минералогического изучения аллювиальных отложений в бассейне Северной Двины с целью расчленения и корреляции террасовых уровней.— Геоморфология, 1978, № 2, с. 35—43.

**Осовецкий Б. М., Розанов Л. Л.** Особенности минералогии четвертичных отложений долины нижнего течения р. Ваги.— В кн.: Аллювий. Пермь: Изд-во Пермск. гос. ун-та, 1976, с. 54—70.

**Очев В. Г.** Тафономические типы месторождений мезозойских тетрапод как показатели палеоландшафтов.— Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. геол., 1976, т. 51 (4), с. 139—145.

**Пак А. И.** Палеоклиматическая зональность Средней Азии и закономерности размещения мезозойских бокситов.— В кн.: Континентальный и прибрежно-морской литогенез. Новосибирск: ИГиГ, 1977, с. 51—56.

**Пахомова А. С.** К химическому составу взвешенных веществ и донных отложений дельты Волги и северной части Каспийского моря.— Тр. Гос. океанографического ин-та. М., 1959, вып. 45, с. 117—144.

**Пахомова А. С.** Химический состав пород дельты р. Волги.— Тр. Гос. океанографического ин-та. Л., 1951, вып. 18 (30), с. 220—238.

**Пачаджанов Д. Н., Погребная А. Н., Адамчук И. П., Буриченко Т. И.** Об условиях формирования нижнемеловых глинистых пород Таджикской депрессии по геохимическим данным.— Тр. Всесоюз. науч.-исслед. геол.-развед. нефтяного ин-та. Таджикс. отд., 1976, вып. 183, с. 142—144.

**Певзнер М. А., Чепалыга А. Л.** Палеомагнитные исследования плиоцен-четвертичных террас Днестра.— Докл. АН СССР, 1970, т. 194, № 1, с. 179—183.

**Перельман А. И.** Геохимия.— М.: Высшая школа, 1979.— 423 с.

**Перельман А. И.** Геохимия ландшафтов. М.: Высшая школа, 1966.— 392 с.

**Перельман А. И.** Геохимия эпигенетических процессов.— М.: Недра, 1965.— 272 с.

**Плотникова М. И., Уманец В. Н., Кардопольцева О. И.** Литологические исследования алмазоносных россыпей Сибирской платформы.— В кн.: Закономерности размещения полезных ископаемых, т. IV. Россыпи. М.: Гостоптехиздат, 1960, с. 198—210.

**Поделько Е. Я.** Бор в углях Забайкалья.— В кн.: Микроэлементы в каусто-биолитах и осадочных породах. М., 1965, с. 34—59.

**Поликарпочкин В. В.** Вторичные ореолы и потоки рассеяния.— Новосибирск: Наука, 1976.— 407 с.

**Поликарпочкин В. В.** Геохимические поиски рудных месторождений по потокам рассеяния.— Советская геология, 1962, № 2, с. 63—76.

**Поликарпочкин В. В.** Соотношение концентраций в твердой и жидкой фазах и повышение эффективности поисков по потокам рассеяния.— В кн.: Геохимические поиски рудных месторождений. М.: Недра, 1972, с. 92—105.

**Полынов Б. Б.** Кора выветривания, т. 1.— Л.: Изд-во АН СССР, 1934.— 242 с.

**Попов В. И., Гриднев Н. И., Набиев К. А.** Литология кайнозойских моласс Средней Азии, ч. III.— Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1956.— 290 с.

**Попов В. И., Макарова С. Д., Филиппов А. А.** Руководство по определению фациальных комплексов и методике фациально-палеогеографического картирования.— Л.: Гостоптехиздат, 1963.— 128 с.

**Проничева М. В., Саввинова Г. Н.** Палеогеоморфологические методы выявления палеодолин и палеодельт.— Тр. Всесоюз. науч.-исслед. геолого-разведочного нефтяного ин-та, 1975, вып. 173, с. 154—161.

**Рабинович А. В.** Геохимические исследования магматических и осадочных пород.— Л.: Недра, 1970.— 240 с.

**Равич М.** Железная руда Антарктики.— Наука и жизнь, 1978, № 8, с. 74—78.

**Разумихин Н. В.** Палеоклиматические реконструкции и россыпеобразовательный процесс.— Изв. Всесоюз. геогр. о-ва, 1974, т. 106, № 3, с. 198—203.

**Резников А. Н.** Железо-марганцевый коэффициент как показатель обстановки осадконакопления (на примере чокракских отложений Грозненского нефтеносного района).— Изв. вузов. Нефть и газ, 1961, № 1, с. 19—22.

**Родионов Д. А.** Статистические методы разграничения геологических объектов по комплексу признаков.— М.: Недра, 1968.— 158 с.

**Розанов Л. Л.** Опыт использования результатов минералогического анализа в целях корреляции аллювиальных толщ севера Русской равнины.— В кн.: Процессы дифференциации и методы исследования четвертичных терригенных отложений. Пермь, 1973, с. 84.

**Розанов Л. В., Чирвинская М. В.** Выявление древних долин рек методами геофизической разведки.— В кн.: Проблемы палеогеоморфологии. М.: Наука, 1970, с. 150—155.

**Ронов А. Б.** Эволюция состава осадочных пород и геохимических процессов в истории Земли.— Международный геохимический конгресс, т. 2. М., 1971, с. 947—949.

**Руководство** по предварительной математической обработке геохимической информации при поисковых работах.— М.: Недра, 1965.— 120 с.

**Рухин Л. Б.** Основы общей палеогеографии.— Л.: Гостоптехиздат, 1962.— 628 с.

**Рухин Л. Б.** Проблемы образования древних аллювиальных отложений.— В кн.: Вопросы седиментологии. Л., 1960, с. 204—205.

**Рясина В. Е.** О некоторых закономерностях распределения терригенных минералов в различных фациях современного аллювия р. Волги.— Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. геол., 1961, т. 36, вып. 1, с. 106—114.

**Сагит Ю. Е., Янин Е. П., Григорьева О. Г., Сорокина Е. П.** Микроэлементы в донных отложениях рек как индикаторы загрязнения антропогенных ландшафтов.— В кн.: Геохимические методы мониторинга. Мн.: Наука и техника, 1980, с. 95—108.

**Сафронов Н. И., Поликарпочкин В. В., Утгофф А. А.** Спектрозолотометрическая съемка как метод поисков золоторудных месторождений, не сопровождаемых механическими ореолами (россыпями), вып. 36.—Л., 1960, с. 46—73.

**Свиточ А. А., Парунин О. Б., Саражинская Н. И.** и др. Позднеплейстоценовые отложения Чукотки и их радиоуглеродный возраст и корреляции.—Докл. АН СССР, 1977, т. 233, № 2, с. 447—450.

**Семенов В. А.** Особенности самородного золота прибрежно-морских россыпей.—В кн.: Геохимия вулканоплутонических ассоциаций и эндогенных месторождений Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1977, с. 98—99.

**Сендерзон З. М.** Взаимосвязь условий и продуктов осадконакопления и их соподчиненность в разрезе угленосных формаций.—В кн.: Состояние и задачи советской литологии. М.: Наука, 1970, с. 246—253.

**Сергеенко А. С.** Метеоритная пыль в четвертичных отложениях бассейна верхнего течения р. Индигарки.—В кн.: Геология россыпей Якутии. М., 1964, с. 73.

**Серебряный Л. Р.** Применение радиоуглеродного метода в четвертичной геологии.—М.: Наука, 1965.—271 с.

**Сиднев А. В.** Изучение плиоценовой и плейстоценовой конхилиофауны башкирского Предуралья.—В кн.: Итоги биостратиграфических, литологических и физических исследований плиоцена и плейстоцена Волго-Уральской области. Уфа: БФан, 1977, с. 71—78.

**Сидоренко А. В.** О едином историко-геохимическом принципе изучения докембрия и постдокембрия.—Докл. АН СССР, 1969, № 1, с. 166—170.

**Сидоренко А. В., Сидоренко С. А.** Органическое вещество в докембрийских осадочно-метаморфических породах и некоторые геологические проблемы.—Советская геология, 1971, № 5, с. 34—52.

**Симанович И. М.** Кварц песчаных пород.—М.: Наука, 1978.—153 с.

**Синельников В. Я., Нюсер Э. Г.** Геологическое строение неоген-четвертичных моласс Сурхан-Дарьинской впадины по данным ВЭЗ.—Тр. Среднеазиатск. НИИ геологии и минерального сырья, 1977, № 27, с. 20—29.

**Синицын В. М.** Введение в палеоклиматологию.—Л.: Недра, 1967.—232 с.

**Скрябин А. И.** Особенности горизонтальной зональности золоторудных узлов.—Якутск: Якутск. филиал СО АН СССР, 1978.—87 с.

**Сладкопепцев С. А.** Развитие речных долин и неотектоника.—М.: Недра, 1973.—181 с.

**Созинов Н. А., Сидоренко С. А.** Терригенно-углеродистые формации докембрия и фанерозоя.—В кн.: Терригенные породы раннего докембрия. Апатиты: Кольский филиал АН СССР, 1977, с. 39—54.

**Соколова Т. А., Кузнецов Н. Т., Ключанова И. А.** Географические факторы формирования глинистого материала взвешенных наносов рек и оросительных систем Средней Азии.—Изв. АН СССР. Сер. географ., 1978, № 2, с. 99—107.

**Соловьева Л. И.** Неотектоника и информативность космических снимков (на примере Средней Азии).—Изв. вузов. Геология и разведка, 1977, № 12, с. 47—54.

**Спенсер Д., Дегенс Э., Кульбицкий Д.** Факторы, управляющие распределением элементов в осадках.—В кн.: Распространенность элементов в земной коре. М.: Мир, 1972, с. 211—228.

**Страхов Н. М.** Основы теории литогенеза, т. 2.—М.: Изд-во АН СССР, 1962.—574 с.

**Страхов Н. М.** Химическое изучение осадочных пород в генетических и корреляционных целях.—В кн.: Методы изучения осадочных пород, т. 2. М.: Госгеолтехиздат, 1957, с. 157—188.

**Стругов А. С., Мазиллов В. Н.** Генетические типы неогеновых углей и палеогеографическая обстановка торфонакопления во впадинах Байкальской рифтовой зоны.—В кн.: Материалы по биостратиграфии и палеогеографии Восточной Сибири. М.: Наука, 1975, с. 24—27.

**Сурков А. В.** Степень сортировки минералов тяжелой фракции — критерий среды осадконакопления.—Изв. вузов. Геология и разведка, 1978, № 11, с. 161—163.

**Татеева Н. В.** Седиментация и ранний диагенез прибрежных осадков северо-

западной части Черного моря.—В кн.: Дельтовые и мелководные отложения. М.: Изд-во АН СССР, 1963, с. 74—81.

**Теняков В. А., Эдлин М. Г., Винокуров П. К., Сапрыкин Н. В.** Галогены в бокситах.—Докл. АН СССР, 1974, т. 219, № 4, с. 977—979.

**Тимофеев П. П., Боголюбова Л. И., Миессерова Л. В., Федоровская Н. П.** Особенности распределения бора в юрских углях Ангаро-Чулымского прогиба в зависимости от палеогеографических обстановок осадко- и торфонакопления.—В кн.: Химия твердого топлива, 1967, № 5, с. 96—103.

**Тимофеев П. П., Валичев Ю. Я., Пагаджанов Д. Н.** и др. К геохимии бора в морских терригенных отложениях.—Геохимия, 1976, № 6, с. 914—926.

**Удодов П. А., Париллов П. М.** О некоторых закономерностях миграции металлов в природных водах.—Геохимия, 1961, № 8, с. 703—707.

**Федорова Р. В., Сафарова С. А.** Спорово-пыльцевой анализ в изучении четвертичного аллювия крупных рек.—Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. геол., 1976, 51, № 3, с. 101—113.

**Феофилова А. П.** Палеопедология и ее значение в реконструкции древних ландшафтов.—Литология и полезные ископаемые, 1977, № 6, с. 44—50.

**Феофилова А. П., Градусов Б. П.** Глинистое вещество в породах и почвах каменноугольного возраста Донбасса.—Литология и полезные ископаемые, 1975, № 3, с. 85—104.

**Ферсман А. Е.** Избранные труды, т. 2.—М., 1953.—768 с.

**Ферсман А. Е.** Геохимические и минералогические методы поисков полезных ископаемых.—М.: Изд-во АН СССР, 1939.—448 с.

**Фоменко Л. М.** Некоторые аспекты загрязнения и очищения природных вод.—В кн.: Материалы геологического изучения земной коры Белоруссии. Мн.: Наука и техника, 1978, с. 157—158.

**Хокс Х., Уэбб Дж.** Геохимические методы поисков минеральных месторождений.—М.: Мир, 1964.—486 с.

**Холодов В. Н., Баранов Ю. Е., Бойко Т. Ф.** и др. Генетические типы осадочных месторождений редких элементов и климатическая зональность.—В кн.: Геохимия осадочных пород и руд. М.: Наука, 1968, с. 308—324.

**Хорин Г. А.** Литохимические потоки, вторичные и первичные ореолы золото-серебряных и оловорудных месторождений в зоне многолетней мерзлоты.—В кн.: Новое в методике и организации геохимических поисков. М.: ИМГРЭ, 1979, с. 69—76.

**Хубка А. А.** Руководящие комплексы пресноводных моллюсков плейстоценовых отложений Днепровско-Прутского междуречья.—В кн.: Фаунистические комплексы и флора кайнозоя Причерноморья. Кишинев: Шгиница, 1977, с. 61—69.

**Цеховский Ю. Г., Градусов Б. П., Чижикова Н. П.** Минералогический состав и структурные особенности глинистых минералов в погребенных почвах Зинунсийской свиты Восточного Казахстана.—Докл. АН СССР, 1974, т. 219, № 6, с. 1461—1464.

**Чалов Р. С.** Географические исследования русловых процессов.—М.: Изд-во МГУ, 1979.—232 с.

**Чижевский А. Л.** Земное эхо солнечных бурь.—М.: Мысль, 1976.—366 с.

**Чистяков А. А.** Горный аллювий.—М.: Недра, 1978.—287 с.

**Чистяков А. А.** Фациальная дифференциация устьевых отложений.—Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. геол., 1980, т. 55, № 3, с. 136.

**Чугунный Ю. Г., Шелкопляс В. Н., Морозов Г. В.** Стратиграфическое подразделение антропогенных отложений северо-западной части ДДВ по данным термомоллюсцентного анализа.—В кн.: Четвертичный период, вып. 16. Киев: Наукова думка, 1976, с. 29—41.

**Шамм С.** Русла палеорек.—В кн.: Условия древнего осадконакопления и их распознавание. М.: Мир, 1974, с. 129—141.

**Шанцер Е. В.** Аллювий равнинных рек умеренного пояса и его значение для познания закономерностей строения и формирования аллювиальных свит.—Тр. ГИН АН СССР. Сер. геол. М., 1951, вып. 135.—236 с.

**Шанцер Е. В.** Типы аллювиальных отложений.—В кн.: Вопросы геологии антропогена. М.: Изд-во АН СССР, 1961, с. 188—199.

**Шванов В. Н.** Песчаные породы и методы их изучения.—Л.: Недра, 1969.—248 с.

**Шиманович С. Л., Боброва Л. А., Кузнецов В. А.** Об использовании микроэлементов при расчленении неоген-четвертичных отложений.—В кн.: Геохимические показатели при изучении геологических процессов и поисках полезных ископаемых. Мн.: Наука и техника, 1980, с. 40—49.

**Шиманович С. Л., Кузнецов В. А.** Геохимическая корреляция аллювиальных горизонтов Палео- и Пра-Немана.—В кн.: Геохимические методы корреляции. Мн.: Наука и техника, 1982, с. 133—138.

**Шимко Г. А., Кузнецов В. А.** Применение экстракционных методов для определения форм нахождения микроэлементов в осадочных горных породах.—В кн.: Методы анализа вещественного состава горных пород и вод при геохимических исследованиях. Мн.: Наука и техника, 1978, с. 12—34.

**Шмариович Е. М., Косляков Я. М., Столяров А. С.** О диагностике зон платового окисления.—Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. геол., 1977, т. 52, с. 87—98.

**Шнюков Е. Ф., Соболевский Ю. В., Григорьев А. В.** Роль погребенных аллювиальных толщ в формировании магнетитовых россыпей Бургасско-Несебурского района Народной Республики Болгарии.—В кн.: Литолого-геохимические условия формирования донных отложений. Киев: Наукова думка, 1979, с. 56—64.

**Шутов В. Д.** Значение обломочных полевых шпатов для палеогеографических реконструкций по терригенным компонентам.—В кн.: Вопросы минералогии осадочных образований, кн. 6. Львов: Изд-во Львов. ун-та, 1961, с. 245—265.

**Щербаков Э. С.** Использование минералогической информации в фациальном анализе.—В кн.: Проблемы генетической информации в минералогии. Сыктывкар: Коми филиал АН СССР, 1976, с. 144—145.

**Экспериментальные исследования форм и процессов гипергенной миграции элементов / Под ред. К. И. Лукашева, В. К. Лукашева.—Мн.: Наука и техника, 1977.—178 с.**

**Энгельс Ф.** Диалектика природы.—Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 343—626.

**Юдович Э. Я.** Геохимия ископаемых углей (неорганические компоненты).—Л.: Наука, 1978.—262 с.

**Юргайтис А. А.** Литогенез и перспективы использования флювиогляциальных отложений (на примере Прибалтики и северной Белоруссии): Автореф. дис. ... д-ра геол.-минер. наук.—Л., 1981.—41 с.

**Яблоков В. С.** Перерывы в морском осадконакоплении и палеореки (в рифее и палеозое Русской платформы).—М.: Наука, 1973.—216 с.

**Якубов Д. Х., Абдурахманов Д. А., Ярмухамедов А. Р.** Выявление молодых тектонических движений геолого-геоморфологическими методами.—В кн.: Новые данные по сейсмологии Узбекистана. Ташкент: Фан, 1974, с. 228—237.

**Якушова А. Ф., Чистяков А. А.** О фациальной дифференциации дельтовых отложений.—Вестн. МГУ. Сер. 4. Геология, 1979, № 4, с. 16—25.

**Янов Э. Н.** Геохимия Кавказского и Крымского флиша.—Литология и полезные ископаемые, 1971, № 1, с. 84—102.

**Яночкина З. А., Воробьев В. Я.** Информативные элементы верхнепермских отложений Актюбинского Приуралья.—Геохимический сборник, вып. 3. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1968, с. 64—90.

**Япаскерт О. В., Дагис А. А., Соколов Б. А.** О связи некоторых аллювиальных образований субарктических рек и торфонакопления.—Изв. вузов. Геология и разведка, 1977, № 8, с. 172—173.

**Ясаманов Н. А.** Стронций в раковинах современных пресноводных моллюсков и возможность определения температурных условий по кальций-стронциевым отношениям.—Геохимия, 1977, № 11, с. 1683—1690.

**Ясырев А. П., Никитин Н. М., Мельников М. С., Трутин И. А.** Неподвижный бентос как геохимический индикатор при поисках морских россыпей золота.—Докл. АН СССР, 1978, т. 243, № 3, с. 764—766.

**Adams T. D., Haynes J. B., Walker C. T.** Boron in Holocene illites of the Do-

vey Estuary, Wales and its relationship to paleosalinity in cyclothem.—Sedimentology, 1965, v. 4, N 3, p. 189—195.

**Allen J. R.** A review of the origin and characteristics of recent alluvial sediments.—Sedimentology, 1965, v. 5, N 2, p. 91—181.

**Allen J. R. L.** Fining-upwards cycles in alluvial successions.—Geol. Journ., 1965, v. 4, pt. 2, p. 229—246.

**Aston S. R., Thornton I.** Regional geochemical data in relation to seasonal variations in water quality.—The Science of the Total Environment, 1977, N 7, p. 247—260.

**Baker V. R., Penteado-Orellana M. M.** Adjustment to Quaternary climate change by the Colorado river in Central Texas.—Journ. of Geol., 1977, v. 85, N 4, p. 395—422.

**Banat K., Förstner U., Müller G.** Schwermetalle in Sedimenten von Donau, Rhein, Ems, Weser und Elbe in Bereich der Bundesrepublik Deutschland.—Naturwissenschaften, 1972, v. 59, N 12, S. 525—528.

**Besançon J., Copeland L., Hours F., Sanlaville P.** Sur la Quaternaire della region de Lattaquite (Syrie).—C. z. Acad. sci., 1977, D 284, N 20, p. 1971—1974.

**Bieda S., Icole M., Conchon O.** Pebble weathering in the Quaternary Pyrenean deposits.—Proj. 71-1-24. Quatern. Glaciol. North. Hemisphere, Rept. N 4, Sess. Stuttgart, 1976. Prague, 1977, p. 67—71.

**Biernacka E.** Wplyw nawodnień wodomi Neru na zawartość mikroelementów w glebach lekkich.—Rocz. glebozn., 1970, v. 21, N 1, s. 89—98.

**Blatt H., Middleton G., Murray R.** Origin of sedimentary rocks Eglewild Cliffs.—Prentice-Hall, 1972, N 7.

**Bloxam T. W., Thomas R. L.** Palaeontological and geochemical facies in the *Gastrioceras subrenatum* marine-band and associated rocks from the North Crop of the South Wales Coalfield.—Quatern. Journ. of Geol. Soc. of London, 1969, v. 124, N 495, p. 239—282.

**Bluck B. J.** The sedimentary history of some Triassic conglomerates in the Vale of Glamorgan, South Wales.—Sedimentology, 1965, N 4, p. 225—245.

**Bluck B. J.** Deposition of some Upper Old Red Sandstone conglomerates in the Clyde area: a study in the significance of bedding.—Scottish Journ. of Geol., 1967, v. 3, pt. 2, p. 139—167.

**Bluck B. J.** Sedimentation in some Scottish river of low sinuosity.—The Roy. Soc. of Edinburgh Transact., 1976, v. 69, N 18, p. 425—456.

**Bose P. K., Bose R. N., Mukherjee B. B.** A review of the seismic refraction and magnetic surveys in the gangetic plain of Shahabad, Gaya, Patna and Monghyr districts, Bihar.—Rec. Geol. Surv. India, 1976, v. 107, N 2, p. 73—79.

**Bowie S. H. U.** Uranium exploration and evaluation techniques.—In: Nucl. Power and Fuel Cycle Proc. Int. Conf., Zalzburg, 1977. Vienna, 1977, v. 2, p. 237—248.

**Bowler J. M., Stockton E., Walker M. J.** Quaternary stratigraphy of the Darling river near Tipla, New South Wales.—Proc. Roy. Soc. Victoria, 1978, v. 90, N 1-2, p. 79—88.

**Boyle R. W., Shafiqullah M.** Minor and trace elements distribution in the heavy minerals of the river and streams of the Bathurst-Jacquet river district.—Geol. Surv. of Canada, 1968, N 64—65.

**Callahan J. E.** Heavy minerals in stream sediments from Churchill Falls, Labrador—an aid in bedrock mapping.—Can. J. Earth Sci., 1980, v. 17, N 2, p. 244—253.

**Capozzo J., Mc Dowell, Anderson E.** The use of modern chromium accumulations to determine estuarine sedimentation rates.—Mar. Geol., 1973, v. 14, N 3, p. 225—235.

**Carpenter R. H., Robinson G. D., Hayes W. B.** Partitioning of manganese, iron, copper, zinc, cobalt and nickel in black coatings on stream boulders in the vicinity of the Magruder mine, Lincoln Co., Georgia.—Journ. Geochem. Explor., 1978, v. 10, N 1, p. 45—49.

**Castleden R.** Periglacial sediments in central and southern England.—Cate-na, 1977, N 1, 2, p. 111—121.

**Chertier B.** Circonscription de Champagne-Ardenne.—Gallia prehist., 1976, v. 19, N 2, p. 445—478.

**Chester R., Elderfield H.** Ion-exchange characteristics of Orange river sediments, Namibia.—In: 19th Annu. Rept. Res. Inst. Afr. Geol., 1975, p. 1—20.

**Clarke F. W.** The data of geochemistry. In: U. S. Geol. Surv. Bull. 770. Washington, 1924.

**Coleman M. L.** Sulphur isotopes in petrology.—Journ. Geol. Soc., 1977, v. 133, N 6, p. 593—608.

**Combiér J.** Stades évolutifs et faciès du Paleolithique intérieur dans le bassin du Rhone et l'Est du Massif Central.—In: 9 Congr. Union int. sci. préhist. et protohist., Nice, 1976, colloq. 10. Paris, 1976, p. 134—135.

**Coope G. R., Sands C. H. S.** Insect faunas of the last glaciation from the Tames Valley, Warwickshire.—Proc. Roy. Soc., 1966, v. 165, p. 389—412.

**Csalogovits J., Vighne F. M.** A maddöközetck és a köszén nyomelemei.—Ann. Inst. geol. publ. Hung., 1969, v. 51, s. 518—574.

**Devils B. E., Lewin J.** Chromosequences in alluvial soils with special reference to historic lead pollution in Gardigan shire, Wales.—Environ. Pollut., 1974, v. 6, N 1, p. 49—57.

**Davino A.** Pesquisa geofísica de paleovales na provincia estanífera de Rondonia: rio das Garcas.—Bol. I. C., 1976, N 7, p. 1—15.

**Degens E. T., Williams E. G., Keith M. L.** Environmental studies of Carboniferous sediments. Pt. I. Geochemical criteria for differentiation marine from fresh water shales.—Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 1957, v. 41, N 11, p. 2427—2455.

**Deltas Models Exploration.**—Houston, 1975.

**Dennen W. H.** Trace elements in quartz as indicators of provenance.—Geol. Soc. of Amer. Bull., 1967, v. 78, p. 125—130.

**Devis F. J., Levinson A. A., Baylis P.** Hydrogeochemistry of the surface water of the Machenzie river drainage basin, Canada IV. Boron-salinity-clay mineralogy relationships in modern deltas.—Geochim. et Cosmochim. Acta, 1972, v. 36, N 12, p. 1359—1375.

**Dictionary of geological terms.**—New York: Dolphin books, Doubleday and Co., 1962.—546 p.

**Dunbar C. O., Rodgers J.** Principles of Stratigraphy.—New York: John Wiley and Sons Inc., 1957.—356 p.

**Dunlop A. C., Meyer W. T.** Detrital tin patterns in stream sediments and soils in Mid-Cornwall.—J. Geochim. Explor., 1978, v. 10, N 3, p. 259—276.

**Ethridge F. C., Gopinath T. R., Davies D. K.** Recognition of deltaic environments from small samples.—In: Deltas Models Exploration. Houston, 1975, p. 151—164.

**Evans G.** Coastal and near shore sedimentation: a comparison of clastic and carbonate deposition.—Proc. Geol. Assoc., 1970, v. 81, pt. 3, p. 493—508.

**Fisk H. M., McFarlane E.** Late Quaternary deltaic deposits of the Mississippi river.—Geol. Soc. Amer. Spec. Paper, 1955, N 62, p. 279—302.

**Fitch F. H.** Copper deposits in the Saadakan area and parts of the Kinabatangan and Labuk Valleys, N. Borneo.—Geol. Surv. Department. Memoir 9. British Territories in Borneo, 1958.

**Fleisher M.** Natural sources of some trace elements in the environment.—In: Cycling and control of metals. Cincinnati Febr., 1973, p. 3—10.

**Frissel M. J., Poelstra P., Klugt N. van der.** The contamination of Dutch soils with mercury and few other heavy metals.—Geol. en mijn. bouw., 1974, v. 53, N 4, p. 163—170.

**Gadel F., Panc H.** Sédimentation récente à l'embouchure de Grand Rhône: données sédimentologiques et géochimiques.—Bull. Inst. Geol., bassin Aquitain, 1973, N 14, p. 127—141.

**Galloway W. E.** Process framework for describing the morphological and stratigraphic evolution of deltaic depositional systems.—In: Deltas Models Explor. Houston, 1975, p. 87—98.

**Hallobauer D. K., Utter T.** Geochemical and morphological characteristics of gold particles from recent river deposits and the fossil placers of the Witwatersrand.—Miner. deposits, 1977, v. 12, N 3, p. 293—306.

**Holz R. K., Baker V. R., Penteadó-Orellana M. M., Sutton S. A.** Uso de imagens ASTP na análise hidrologica-morfodinamica de rios, da Bacia Amazônica.—Notic. geomorfol., 1977, v. 17, N 34, p. 14—19.

**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, 1963, v. 63.

**Hosking K. F. G., Dereci S., Lee Moreco J. L., Mohan S.** The determination of trace elements in soils and aid to mapping major lithologic units.—The Camborne School of Mines Magazine, 1967, v. 67.

**Hosking K. F. G., Naik S. M., Burn R. G., Ong P.** A study of distribution of Sn, As, Cu in the sediments and the total heavy-metals in the water of the Menalhyl river, Middle-Cornwall.—The Camborne School of Mines Magazine, 1962, v. 62.

**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, 1966, v. 66, p. 17—37.

**Jamkhindikai S.** Sedimentary characteristics of Pleistocene deposits, Neosko river valley, Southeastern Kansas.—State Geol. Surv. of Kansas Bull., 1965, v. 187, pt. 5.

**Kalesha M., Rao K. S., Somayajulu B. L.** Deposition rates in the Godavari delta.—Mar. Geol., 1980, v. 34, N 1—2, M37—M66.

**Kolb C. R., Dornbusch W. K.** The Mississippi and Mekong deltas: a comparison.—In: Deltas Models Exploration. Houston, 1975, p. 193—207.

**Kukal L.** Chemical composition of the bohemian Cambrian sandstone and its environmental significance.—Geochem. Methods and Data, 1971, N 1.

**Kunz I.** Rekonstruktion paläogeographisch-fazieller Sedimentationsbedingungen im Jura mit Hilfe der Kohlenstoffisotopen-Variation.—Z. angew. Geol., 1975, Bd 21, N 8, S. 365—368.

**Kuznetsov V. A., Lukashov K. I., Lukashov V. K.** Minor elements in clay rocks—indicators of the sedimentation environment.—In: Origin and distribution of the elements. Oxford and New-York: Pergamon Press, 1979, p. 353—357.

**Lee J.-Y., Olize S. K.** Distribution patterns of certain elements in the stream sediments of the St. Austell granite mass, Cornwall.—Thesis for diploma. Camborne School of Mines, 1965.

**Leopold L. B.** Reversal of erosion cycle and climate change.—Quatern. Res., 1976, v. 6, N 4, p. 557—562.

**Li Ping-tan.** Stream sediment prospecting for copper deposits in the southern Appalachians.—Proc. Geol. Soc. of China, 1967, N 10.

**Macaire J.-J., Perruchot A.** Étude géochimique de la fraction fine des alluvions de l'Indre de la Vienne dans leurs cours intérieurs.—C. R. Acad. Sci., 1979, D 289, N 16, p. 1187—1190.

**Maldonado A.** Sedimentation, stratigraphy and development of the Ebro delta, Spain.—In: Deltas Models Exploration. Houston, 1975.

**Marefield J. R.** Major and trace element anomalies in stream sediments of Teiga Valley, Orefield.—Journ. Geochem. Explor., 1974, v. 3, N 2, p. 151—156.

**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 Mines, 1965.

**Mörner N. A.** Paleomagnetism and the relation between the Bredakra delta and the Fjaras Stadiäl and Jöthenburg magnetic excursion.—Geol. fören. Stockholm förhandl., 1975, v. 97, N 3, p. 298—301.

**Murad E.** Yttrium and zirconium as geochemical guide elements in soil and stream sequences.—Journ. Soil. Sci., 1978, v. 29, N 2, p. 219—223.

**Naidu A. S.** Lithological and chemical facies changes in the recent deltaic sediments of the Godavari river, India.—In: Deltas. Houston Geol. Soc., 1966.

**Naidu A. S., Nowatt T. C.** Depositional environments and sediment characteristics of the Colville and adjacent deltas, Northern Arctic Alaska.—In: Deltas Models Exploration. Houston, 1975.

**Nowlan G. A.** Concretionary manganese-iron oxides in streams and their usefulness as a sample medium for geochemical prospecting.—Journ. Geochem. Explor., 1976, v. 6, N 1—2, p. 193—200.

**Oliver B. G.** Heavy metal levels of Ottawa and Rideau river sediments.—Environ. Sci. and Technol., 1973, v. 7, N 2, p. 135—137.

**Peterson F. F.** Holocene desert soil formation under sodium salt influence in a playa-margín environment.—Quatern. Res., 1980, v. 13, N 2, p. 172—186.

- Potter P. E., Shimp N. F., Witters J. Trace elements in marine and fresh water argillaceous sediments.—*Geochim. et Cosmochim. Acta*, 1963, v. 27, N 6, p. 669—684.
- Pourbaix M. N. Atlas d'équilibres électro-chimiques à 25 °C.—Paris, 1963.
- Reed E. C., Dressen V. H., Bayne C. K., Shultz C. B. The Pleistocene in Nebraska and northern Kansas.—In: *The Quaternary of United States*. Princeton, New Jersey, 1965, p. 187—202.
- Renzo D. Climatic significance of roundness and percentage of quartz in conglomerates.—*Journ. Sediment. Petrol.*, 1968, v. 38, N 4, p. 1094—1099.
- Reyment R. A. Interstadial ecology of the Niger delta. An actual paleoecological study.—*Bull. Geol. Inst. Univ. Upsala*, 1969, v. 1, N 1—6, p. 121—158.
- Russel K. L. Geochemistry and halmyrolyses of clay minerals. Rio Ameca, Mexico.—*Geochim. et Cosmochim. Acta*, 1970, v. 34, N 8, p. 893—907.
- Sackett W. M., Thompson R. R. Isotopic organic carbon composition of recent continental derived clastic sediments of the eastern Gulf coast, Gulf of Mexico.—*Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 1969, N 47, p. 525—531.
- Saigusa M. *Pedologist*, 1979, v. 23, N 1, p. 11—22.
- Schultz D. J., Caldar J. A. Organic carbon <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C variations in estuarine sediments.—*Geochim. et Cosmochim. Acta*, 1976, v. 40, N 3, p. 381—385.
- Shepard F. P. Marginal sediments of Mississippi delta.—*Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 1956, v. 40, N 11, p. 2537—2623.
- Shimp N. F., Witters J., Potter P. E., Shelecher J. A. Distinguishing marine and fresh water muds.—*Journ. Geol.*, 1969, v. 77, N 5, p. 566—580.
- Shiraki K. Some aspects of the geochemistry of chromium.—*Journ. of Earth Sci. Nagoya University*, 1966, v. 14, N 1.
- Straszewska K. Stratigrafia Pleistocenu i paleogeomorfologia rejonu Dolnego Bugu.—*Studia Geologica Polonia. Warszawa*, 1968, v. 23, p. 149.
- Taylor J. H. Sedimentary features of an ancient deltaic complex: the welden rocks of southeastern England.—*Sedimentology*, 1963, N 2, p. 2—28.
- Tomlinson M. E. The Pleistocene chronology of the Midlands.—*Proc. Geol. Assoc.*, 1963, v. 74, N 2, p. 187—202.
- Thornton I. Biogeochemical studies on molybdenum in the United Kingdom.—In: *Molybdenum in the Environment*, 1977, v. 2.
- Thornton I., Webb J. S. Geochemistry and health in the United Kingdom.—*Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.*, 1979, B 288, p. 151—168.
- Touchid M. Anomalous molybdenum in stream sediments and soils in the vicinity of the Nicholas Denys Granite Bathurst area, New Brunswick.—*Geol. Surv. Canada*, 1964, paper 64—71.
- Turekian K. K. The ocean, streams and atmosphere.—In: *Handbook of Geochemistry*. Editor K. H. Wedepohl et al.—Springer, 1969, p. 297—323.
- Turnay E. The age of coal fragments from the Cretaceous deposits in the Cuter Carpathians, determined on microspores.—*Bull. Acad. Polonaise Sci., Ser. geol. et geogr.*, 1962, v. 10, N 2, p. 85—90.
- Vernette G. Contribution de l'analyse factorielle à l'étude géochimique des vases de la Gironde.—*Bull. Inst. Geol., bassin Aquitaine*, 1971, N 11/12, p. 345—360.
- Wakatsuku T., Furukawa H., Kyuma K. Geochemical study of the redistribution of elements in soil.—*Geochim. et Cosmochim. Acta*, 1977, v. 41, N 7, p. 891—902.
- Walker C. T. Size fractionation applied to geochemical studies of boron in sedimentary rocks.—*Journ. Sedim. Petrol.*, 1963, v. 33, N 3, p. 694—702.
- Wallis R. H., Brummer J. J., Gleeson C. T. Geological implication of regional sediment geochemical data from South-Central British Columbia.—*CIM Bull.*, 1978, v. 71, N 793, p. 68—83.
- Webb J. S. Environmental problems and the exploration geochemistry.—London, Department of Geology, Roy. School of Mines, 1977, p. 5—17.
- Webb J. S. Regional geochemical reconnaissance in medical geography.—*Geol. Soc. of America*, 1971, memoir 123, p. 31—42.
- Webb J. S. Research in applied geochemistry at Imperial College, London.—*Geochem. Explor., CIM Spec.*, 1971, v. 11, N 45.
- Webb J. S. Some geological applications of regional geochemical reconnaissance.—*Proc. Geol. Assoc.*, 1970, v. 81, pt. 3, p. 585—594.
- Webb J. S., Atkinson W. J. Regional geochemical reconnaissance applied to some agricultural problems in Co. Limerick, Eire.—*Nature*, 1965 a, v. 208, N 5015, p. 1056—1059.
- Webb J. S., Baker M. D., Richard M. Geochemical anomalies in the coastal environment of Vanua Leva.—*Fiji Mining Magazine*, 1963, v. 109.
- Webb J. S., Nichol I., Thornton I. The broadening scope of regional geochemical reconnaissance.—In: *23 International Geol. Congress*, 1965 b, p. 131—147.
- Webb J. S., Thompson M. Analytical requirements in exploration geochemistry.—*Pure and Appl. Chem.*, 1977, v. 49, p. 1507—1519.
- Webb J. S., Thornton I., Fletcher K. Geochemical reconnaissance and hypocuprosis.—*Nature*, 1968, v. 217, N 5133, p. 1010—1012.
- Wesrock A., Rognon P. Evolution morphologique de basses vallées de l'Atlas Atlantique Marocain.—*Geol. méditer.*, 1977, v. 4, N 4, p. 313—334.
- Weller J. M. *Stratigraphic principles and practice*. N. Y., 1960, 725 p.
- Williams G. E. Torridonian weathering and its bearing on Torridonian paleoclimate and source.—*Scottish Journ. Geol.*, 1968, v. 4, pt. 2.

## СОДЕРЖАНИЕ

### Предисловие

3

### I. Предпосылки и методы геохимической корреляции

Основные понятия и принципы

6

Терминология, связанная с корреляцией (8). Принципы корреляции (9)

Геологические обстановки речного седиментогенеза

11

Общие классификации (11). Обстановки горных областей (15). Обстановки предгорных областей (15). Обстановки равнинных областей (15). Обстановки приустьевых областей (16)

Геохимические закономерности аллювиального литогенеза

18

Общая характеристика речной эрозии и переноса вещества (19). Закономерности миграции химических элементов с речными водами (19). Осаждение химических элементов из речных вод (24). Гипергенное минералообразование в речных осадках (28). Педогенез и распределение микроэлементов в аллювии (28). Закономерности геохимических условий аллювиального литогенеза (30). Литогеохимические фации аллювия (34)

Модели литогенеза и принципы геохимической корреляции в речных долинах

38

Модели литогенеза (38). Приемы и критерии геохимической корреляции (44)

Методы корреляции в речных долинах

46

Палеонтологические методы (46). Стратиграфические методы (48). Геоморфологические методы (49). Литологические методы (52). Минералогические методы (53). Методы геохимической корреляции (54). Педологические методы (61). Геофизические методы корреляции (62). Корреляция по данным космических исследований (63). Археологические методы (64). Комплексирование методов при корреляции (65)

### II. Геохимические реконструкции условий аллювиального литогенеза и их место в корреляции

Основные критерии реконструкций и их классификация

68

Реконструкция режима речного сноса и осадконакопления

70

Гидродинамика и режим переноса материала палеопотоками (71). Режим седиментогенеза (73). Направление и дальность речного сноса (74)

Реконструкция генетического типа отложений

75

Генетическое разделение песчаных осадков (75). Критерии реконструкций типа и фаций аллювия (78)

Реконструкции пресноводных и солоноводных обстановок аллювиального седиментогенеза

85

Ассоциации химических элементов в осадках (86). Состав фракций (89). Содержание галогенов (90). Состав поровых растворов (91). Бор-индикатор палеосолености (91). Изотопы (93). Комплекс литогеохимических критериев (93)

Реконструкция палеоклимата

94

Показатели ледового климата (94). Показатели гумидного климата (95). Показатели аридного климата (97). Примеры литогеохимических реконструкций палеоклиматических условий погребенных долин (98)

Реконструкция палеотектонического режима

101

Реконструкция геологических обстановок бассейнов речной эрозии

102

Восстановление геологического строения и состава пород бассейнов эрозии (102). Реконструкция рудоносности бассейна (104). Замечания к вопросу аналогии геохимии аллювиального литогенеза современных и прошлых геологических эпох (109)

### III. Корреляция аллювиальных процессов и отложений в речных долинах

Корреляция речных фаций и их горизонтов

111

Прослеживание русловой фации (112). Прослеживание пойменных фаций (115). Прослеживание старичной фации (120). Горизонт размыва и его значение для корреляции (121). Дополнительные материалы к разделению и прослеживанию горизонтов различных фаций (121)

Прослеживание аллювиальных свит и формаций

124

Корреляция геоморфологических элементов речных долин

147

Прослеживание контуров погребенных долин (147). Прослеживание аллювиальных террас (148)

Корреляция продуктов аллювиального рудогенеза

152

Рудоносные формации и их положение в речной долине (153). Корреляция процессов и продуктов аллювиального рудогенеза (154). К оценке критериев корреляции аллювиальных отложений в речных долинах (157)

### IV. Корреляция процессов и их продуктов в речных бассейнах и различных регионах на основе изучения аллювиальных отложений

Корреляция продуктов речных долин и площадей речной эрозии

158

Состав аллювия и пород водосборов (160). Состав речных отложений и металлогенетические особенности горных пород водосборных территорий (168)

Состав аллювия и геохимические процессы на водоразделах

169

Аллювий и процессы выветривания (169). Корреляция аллювия и конусов выносов (171). Аллювий и эрозионные срезы на водоразделах (172)

Корреляция продуктов речного, дельтового и прибрежно-морского литогенеза

173

Корреляция долинного и дельтового аллювия (173). Корреляция отложений и горизонтов на границе континентальных и морских обстановок (182). Морские отложения и их связь с выносами рек (189)

Корреляция речных отложений различных геологических структур

192

Корреляция аллювия ложбин ледникового выпавивания и размыва (192). Корреляция аллювия речных террас (196). Корреляция в бассейнах рек по тафономо-геохимическим данным (197). Корреляция по биогеохимическим данным (198)

Межрегиональная и глобальная корреляция по аллювию

200

Межрегиональная корреляция аллювия (201). К проблеме глобальной корреляции аллювия (206)

Значимость критериев корреляции в речных бассейнах

209

### V. Прикладные аспекты геохимической корреляции в речных долинах

Геохимическая корреляция при геологической съемке

212

Геохимическая корреляция при определении границ геологических периодов

214

Неоген-четвертичная граница (214). Расчленение и корреляция горизонтов на границе палеогена и неогена (218). Корреляция докайнозойского аллювия (218)

Геохимическая корреляция при поисках полезных ископаемых Корреляция при поисках метаногенных месторождений (222). Корреляция при поисках биогенных месторождений (223). Корреляция при поисках рудных месторождений (226). Аллювий, тектоника и рудоносность (236). Корреляция при поисках месторождений вод (236)	221
Геохимическая корреляция и проблемы охраны окружающей среды Корреляция и химическое загрязнение ландшафтов (237). Корреляция и проблемы сельского хозяйства (239). Корреляция и проблемы здравоохранения (242). Корреляция при гражданском строительстве (243)	237
Сопоставимость геохимических и других методов корреляции Сопоставимость данных корреляции (244). Графические и другие материалы корреляции (255). Математическая статистика при геохимической корреляции (263)	244
Заклучение	265
Литература	267

**ВЛАДИЛЕН АЛЕКСАНДРОВИЧ КУЗНЕЦОВ**

**ГЕОХИМИЧЕСКИЕ КОРРЕЛЯЦИИ  
В РЕЧНЫХ ДОЛИНАХ**

Редактор *И. А. Шарафанович*. Художник *Л. Н. Петров*. Художественный редактор *В. А. Жажовец*. Технический редактор *И. В. Волоханович*. Корректор *И. А. Альперович*.

ИБ № 1550.

Печатается по постановлению РИСО АН БССР. Сдано в набор 13.07.83. Подписано в печать 19.12.83. АТ 16940. Формат 60×90<sup>1/16</sup>. Бум. тип. № 2. Гарнитура литературная. Высокая печать. Печ. л. 18,0. Усл. кр.-отт. 18,0. Уч.-изд. л. 20,0. Тираж 1000 экз. Зак. № 1344. Цена 2 р. 30 к. Издательство «Наука и техника» Академии наук БССР и Государственного комитета БССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 220600. Минск, Ленинский проспект, 68. Типография им. Франциска (Георгия) Скорины издательства «Наука и техника». 220600. Минск, Ленинский проспект, 68.