



МЕТОДОЛОГИЯ
ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ
ИНСТИТУТ ИСТОРИИ, ФИЛОЛОГИИ И ФИЛОСОФИИ
ОТДЕЛЕНИЕ ГЕОЛОГИИ, ГЕОФИЗИКИ И ГЕОХИМИИ
МЕЖДУВЕДОМСТВЕННЫЙ ЛИТОЛОГИЧЕСКИЙ КОМИТЕТ

МЕТОДОЛОГИЯ ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Ответственные редакторы
акад. *А. А. Трофимук*
и чл.-кор. АН СССР *А. П. Дерезянюк*



НОВОСИБИРСК
ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
1985

Методология литологических исследований. — Ново-
сибирск: Наука, 1985.

В сборнике рассматриваются современное состояние литологической науки, ее содержание, объем, задачи, проблемы взаимодействия литологии с другими отраслями геологии (сейсмологией, нефтяной геологией и др.). Анализируются методологические функции законов, закономерностей и основных понятий в литологии, особенности взаимодействия философских, общенаучных и конкретно-научных методов, специфика применения моделирования и ЭВМ в литологических исследованиях. Обсуждаются вопросы иерархии геологических тел и принципы классификации осадочных образований.

Книга рассчитана на литологов, философов, преподавателей геологических дисциплин, а также всех, интересующихся методологическими проблемами геологических наук.

Рецензенты *В. П. Ковалев, В. П. Фофанов*

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

д-р геол.-мин. наук *А. Ф. Белоусов*, д-р геол.-мин. наук *Ю. П. Казанский*, д-р филос. наук *А. Т. Москаленко* (зам. отв. редактора, составитель сборника), д-р геол.-мин. наук *И. В. Николаева* (отв. секретарь), канд. филос. наук *А. Л. Симанов*

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящий сборник является двадцатым выпуском трудов философских (методологических) семинаров научных учреждений ордена Ленина Сибирского отделения АН СССР. В этой серии наряду с книгами, посвященными исследованию общих проблем методологии научного познания, издавались и такие, в которых исследовались методологические вопросы конкретных наук и проблемы философского обобщения их достижений в условиях современной научно-технической революции. Среди последних — семь выпусков трудов семинаров, в которых в основном выдержан принцип отраслевого подхода к исследованию проблем методологии научного познания¹. Многолетний опыт исследовательской работы философских (методологических) семинаров научных учреждений СО АН СССР показал, что в условиях продолжающегося процесса дифференциации и интеграции наук при исследовании проблем методологии научного познания необходимы также дисциплинарные и междисциплинарные подходы. Предлагаемый научный сборник представляет собой первый опыт дисциплинарного подхода к исследованию проблем методологии научного познания в комплексе геологических наук.

¹ В названной серии изданы следующие сборники: **Методологические проблемы математики.**— Новосибирск, 1979; **Методологические и философские проблемы геологии.**— Новосибирск, 1979; **Методологические и философские проблемы химии.**— Новосибирск, 1981; **Методологические и философские проблемы биологии.**— Новосибирск, 1981; **Методологические и философские проблемы физики.**— Новосибирск, 1982; **Методологические и философские проблемы истории.**— Новосибирск, 1983; **Методологические и философские проблемы языковедения и литературоведения.**— Новосибирск, 1984. В ближайшие годы в этой серии Научным советом философских (методологических) семинаров при Президиуме СО АН СССР планируется издать сборники «Методологические и философские проблемы технических наук» и «Методологические и философские проблемы экономических исследований».

Основная цель книги — подведение итогов исследовательской работы методологических семинаров геологических научных учреждений Сибири по проблемам методологии литологических исследований. В его подготовке к печати приняли участие как ведущие ученые, так и молодые сотрудники Института геологии и геофизики им. 60-летия Союза ССР, Института истории, филологии и философии СО АН СССР, ученые Москвы, Урала, Ташкента и других городов и регионов страны. Важную роль в научной апробации публикуемых материалов сыграли философские (методологические) семинары научных учреждений СО АН СССР и Всесоюзный семинар «Методологические проблемы литологических исследований», организованный в ноябре 1983 г. Научным советом философских (методологических) семинаров при Президиуме СО АН СССР, Бюро философского (методологического) семинара Института геологии и геофизики им. 60-летия Союза ССР и Межведомственным литологическим комитетом. В сборнике воплощены опыт тесного сотрудничества специалистов-геологов и философов и их стремление внести свой посильный вклад в укрепление завещанного В. И. Лениным союза философов и естествоиспытателей, философии диалектического материализма и конкретных наук.

Современная геология, детерминированная потребностями общественной практики,— быстро развивающаяся фундаментальная наука, которая, так же как и физика, химия, биология, астрономия, представляет собой комплекс научных, специализированных дисциплин², единых в своей «стратегической» цели — глубоком и всестороннем познании Земли. Геология дает не только содержательное знание об изучаемом ею материальном объекте, но и выполняет методологические функции, на основе которых осуществляются теоретический синтез и использование результатов петрографии, литологии, минералогии, палеонтологии, палеогеографии, геохимии, геотектоники, геофизики и других наук о Земле.

² В. Е. Хаин называет около 50 геологических дисциплин (см.: Хаин В. Е. Философские вопросы геологических наук на современном этапе их развития.— В кн.: Философские вопросы естествознания, ч. III. М., 1960); В. Ю. Забродин и В. А. Соловьев на основе анализа последующих этапов дифференциации и интеграции геологической науки полагают, что в современной геологии не менее 80 дисциплин (см.: Забродин В. Ю., Соловьев В. А. Структура геологического мира и классификация геологических наук.— *Вопр. философии*, 1983, № 4, с. 74).

Развитие геологических дисциплин детерминировано главным образом потребностями общественного производства и существенным воздействием на весь цикл геологических наук современной научно-технической революции. «Геология, — подчеркивает академик Б. С. Соколов, — занимает специфическое положение во всем естествознании, в развитии естественных производительных сил общества, в развитии современной экономики. Она одновременно является одной из фундаментальных наук о природе вообще, а правильнее сказать — обширным циклом наук о Земле, а с другой стороны — важнейшей отраслью, прямо связанной с промышленным производством и в первую очередь — с его топливно-энергетическим и горно-рудным комплексом. При всем огромном мировоззренческом и философском значении корнями своей родословной геология связана с горной практикой. Эта связь нерасторжима, она — важнейшая реальность и в наши дни»³.

Потребности общественной практики требуют ускоренного развития геологической науки и всего комплекса объединяемых ею научных дисциплин. Усложнение задач, решаемых геологической наукой, настоятельно требует повышения уровня теоретических исследований и совершенствования методов познания в геологии. Решениями XXVI съезда и последовавших за ним пленумов ЦК КПСС перед геологической наукой поставлены существенно новые задачи. Суть их заключается прежде всего в изучении строения, состава и эволюции Земли, Мирового океана, включая шельф, с целью рационального использования их ресурсов, в ускорении работ по геологическому изучению территории страны, увеличению разведанных запасов минерально-сырьевых ресурсов (топливно-энергетических, руд черных и цветных металлов, ядерного и агрохимического сырья, подземных вод) с целью развития отраслевой промышленности и ее минерально-сырьевой базы. Для решения этих задач необходимы эффективная разработка геофизических и геохимических методов исследования недр, широкое использование аэрокосмических средств изучения природных ресурсов, основательное техническое перевооружение геологических организаций, что зависит и от гармоничного развития всего комплекса укрепления их взаимосвязей и взаимодействий, широкого

³ Соколов Б. С. Прямой и самый перспективный путь. Некоторые задачи развития геологической науки. — Наука в Сибири, 1984, 26 янв., с. 4.

Использования в научном исследовании новейших методов и технических средств познания.

В настоящем сборнике исследуются проблемы методологии литологического исследования. Литология — наука об осадочных породах — сравнительно молодая отрасль геологии, выделившаяся из петрографии в самостоятельную научную дисциплину всего лишь около полувека назад. Изучение вещественного состава, структуры и текстуры осадочных горных пород, условий их образования и процессов изменения, их генезиса, физико-химических свойств и практического использования приобрело за последние годы не только теоретическую, но и особую практическую значимость. Главную роль в разработке и становлении литологии как самостоятельной геологической дисциплины сыграли А. Д. Архангельский, В. П. Батурич, Н. М. Страхов, Л. В. Пустовалов, М. С. Швецов, Я. В. Самойлов, А. В. Казаков, Л. Б. Рухин, В. И. Попов, П. П. Тимофеев и др. Советским ученым принадлежит основная заслуга в том, что литология от исследования отдельных осадочных пород и частных вопросов перешла к разработке общей теории осадочного породообразования, к открытию основных фациальных законов образования формаций, к установлению закономерностей вещественного состава структуры и текстуры осадочных пород и характера его изменения в процессе эволюции земной коры, а также закономерностей пространственного распределения осадочных пород на поверхности Земли. Последнее важно при изучении группы биохемогенных пород, включающих большинство ценных видов осадочных полезных ископаемых. Достижения советской литологической науки позволили ей занять передовые рубежи не только в теоретической области, но и в сфере практики, особенно в повышении точности научных прогнозов поиска полезных ископаемых.

Тесное сочетание фундаментальных и прикладных исследований, единство теории и практики — характерная особенность

сих дисциплин. «Своеобразие современного этапа развития геологии, — отмечает Б. С. Соколов, — заключается в нарастающем сближении интересов теоретической и практической геологии. И это не дасть моде, необходимости быстрой передачи достижений научных геологических разработок в практику. Дело в том, что оба направления в геологии стали испытывать голод, как говорят, в точности и детальности наблюдений, точности измерений и геологических данных, в обоснованной переоценке различных эмпириче-

ских данных, полученных при использовании устаревших методик»⁴.

Сложность задач познания геологических явлений и процессов требует совершенствования всего методологического аппарата науки, общих и частных методов и методик исследовательского процесса, укрепления межпаучьих и междисциплинарных контактов, обмена идеями. Параллельно дифференциации геологической науки, как показывает история ее развития, шел и противоположный процесс — ассимиляция геологией методов и направлений других наук, и прежде всего физики, химии, биологии и математики, что существенно обогащало и революционизировало классическую геологию, открывало в ней самой подлинно фундаментальные направления: геофизические, геохимические, геобиологические и др. В публикуемом сборнике редколлегия сочла пужным поместить ряд статей, убедительно свидетельствующих о том, что в современном литологическом исследовании наряду с традиционными, специальными методами сравнительно-литологического, градулометрического и рационального анализа, сочетанием термохимических, рентгеноскопических, электронно-микроскопических исследований, метода спектрофотометрии и другими широко используются методы смежных научных дисциплин и отраслей науки — геохимии и геофизики, минералогии и тектоники, биостратиграфии и радиогеохронологии, палеоптологии и палеогеографии, методов палипологического, палеобиохимического и палеомагнитного исследования. В литологии широко используются и общенаучные методы и подходы — математики и статистики, моделирования и системного анализа.

Трудно переоценить значение всего объема новой информации о геологических процессах и явлениях, которая дает науке возможность корректного применения богатства современных методов и средств познания. Интеграция методов и языков науки является характерной особенностью не только геологических дисциплин, но и других отраслей современного естествознания. Углубление дифференциации и интеграции геологических наук, выделение новых направлений и дисциплин ставят перед методологией вопрос об определении специфики каждой научной дисциплины и отрасли знаний, так как смешение физического, химического, биологического и других подходов к исследованию геологи-

⁴ Соколов Б. С. Прямой и самый перспективный путь...

ческих объектов очень часто вызывает ошибочные истолкования сущности геологических процессов. Необходимо учитывать, что каждый используемый в современном литологическом исследовании метод имеет свою историю и специфическую сферу применения. Применение любого метода в новой сфере и для решения других познавательных задач требует определенной его модификации и совершенствования. Для современной геологической науки крайне важны не само по себе богатство используемых в ней методов, не методологический плюрализм и фетишизация отдельных, хотя и «модных», методов, а подлинный диалектико-материалистический синтез научных теорий и методов, который возможен только на базе диалектико-материалистической философии.

Несмотря на крупные достижения современной литологии, она еще значительно отстает от потребностей практики. Изучение состава и условий образования наиболее древних осадочных толщ архейского и раннепротерозойского возраста позволило накопить большой фактический и описательный материал, установить многие черты сходства и существенных отличий этих отложений от отложений более молодых и более изученных. Однако накопление лишь фактического описательного материала литологии древних отложений может приводить исследователей к узкому эмпиризму и ограничивает геологическое значение их выводов и обобщений. В то же время прикладная геология в связи с необходимостью поисков новых запасов минерального сырья вынуждена искать месторождения на большой глубине в древних отложениях, что с необходимостью требует совершенствования теоретических основ прогнозирования поиска полезных ископаемых. Преодоление трудностей, вызванных внутренней логикой развития литологических исследований и потребностями практики, возможно при активизации поисков методологической базы решения сложных проблем, стоящих перед литологией и смежными с ней дисциплинами. Как никогда раньше, велика потребность в органическом соединении дисциплинарной и междисциплинарной ориентаций методологических исследований в области наук о Земле, в установке на исследовании реальной ситуации не только в отдельных отраслях науки, но и во всем цикле составляющих эти отрасли научных дисциплин. В литологии как теоретической и практической дисциплине ощущается острая необходимость преодоления гипотетических и малообоснованных схематических построений и перехода к глубоким теоретическим

обобщениям и выводам с учетом достижений всех отраслей современной науки и практики.

В настоящем научном сборнике собраны статьи, написанные на основе докладов, апробированных на философских (методологических) семинарах научных учреждений и вузов и Всесоюзном семинаре по методологии литологических исследований. Само собой разумеется, что в нем невозможно охватить все актуальные проблемы методологии литологического исследования, и поэтому к решению многих из них намечены лишь общие подходы. По мнению редколлегии, издание может способствовать активизации исследований методологических проблем литологии в научных учреждениях и вузах страны.

В сборнике помещена и подробная библиография литературы по методологическим и философским вопросам наук о Земле, вышедшая в последние годы, что поможет более широко ознакомить ученых с этой актуальной проблематикой.

Редколлегия с благодарностью примет все критические замечания, советы и пожелания, высказанные по поводу настоящего издания.

Д-р филос. наук А. Т. Москаленко

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ ЛИТОЛОГИИ В СИСТЕМЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

ЛИТОЛОГИЯ: СОДЕРЖАНИЕ, ОБЪЕМ, ЗАДАЧИ

В. И. ПОПОВ, акад. АН УзССР,

В. И. ТРОИЦКИЙ, д-р геол.-мин. наук

В ряду новых геологических дисциплин, статус которых обоснован после Великой Октябрьской революции отечественными геологами, почетное место занимает литология. Говоря о методологии литологических исследований, в первую очередь необходимо, видимо, определить их содержание, объем и задачи. Однако вопрос о понимании литологии как науки и ее взаимоотношениях с другими геологическими науками до сих пор не решен и даже не поставлен, хотя существует Межведомственный литологический комитет. От этого страдает не только постановка литологических исследований, но и подготовка будущих специалистов в геологических вузах.

Термин «литология» буквально означает «наука о камнях» и мог бы применяться для обозначения минералогии, петрографии, учения о формациях и даже для исследований каменной оболочки — литосферы. Практически же он применяется только для обозначения исследований различных осадочных образований. Основываясь на опыте преподавания литологии с конца 30-х гг. в ТашГУ, где с 50-х гг. создана также первая кафедра литологии, можно дать ей следующее определение¹:

Литология — это наука, охватывающая изучение состава, строения, происхождения и практического применения всего комплекса осадочных образований (породы, формации, минералы, геохимические ассоциации, полезные иско-

¹ Попов В. И. Современное состояние литологии в связи с комплексированием геологических наук. — В кн.: Материалы к литологии и геохимии Средней Азии. Ташкент, 1978, с. 5—29. (Тр. ТашГУ, № 55).

паемые), возникающих и преобразующихся при взаимодействии литосферы, гидросферы, атмосферы и биосферы².

Теоретическое и практическое делается в первую очередь тем, что не только почти все запасы подземных вод, но и 70—80% запасов твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых связаны с осадочными образованиями, которыми призвана заниматься литология. Становление литологии как науки происходило в острой дискуссионной борьбе, которая отнюдь еще не завершилась полным согласием сторон. Поэтому, несмотря на ее успехи, литология все еще не получила таких же условий для своего развития, как другие основные геологические науки, в частности в геологических вузах, что не может не вызывать определенного беспокойства.

Неопределенность и противоречивость понимания этой науки отразились в высказываниях литологов, которые выступали на специальном совещании, посвященном проблемам ее преподавания, созванном геолого-поисково-разведочной секцией Минвуза СССР весной 1981 г. в Москве под председательством В. Е. Хаина. Из выступлений В. И. Попова, С. В. Тихомирова, Н. В. Логвиненко, Г. Ф. Крашенинникова и других выяснилось, в частности, что на преподавание литологии отводится в несколько раз меньше часов, чем на другие основные геологические дисциплины; в вузах отсутствует специальность «Литология»³.

Известно два толкования понятия литологии: узкое и широкое.

² Развивая представления Л. В. Пустовалова (Пустовалов Л. В. Петрография осадочных пород, ч. 1, 2.— М., 1940) об осадочных породах, как продуктах главной зоны геохимических противоречий, расположенной на контакте литосферы, гидросферы и атмосферы, и образующих осадочную оболочку (стратисферу), С. В. Тихомиров дал следующее определение: «Литология — наука об осадочном процессе, который создает стратисферу — слоистую оболочку Земли и образует ряд важнейших для народного хозяйства полезных хомиров С. В. Литология и ее соотношение с другими науками.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1977, № 5).

³ Учитывая теоретическое и прикладное значение литологии, следует признать совершенно недостаточными те 48 ч, которые отведены в учебном плане для изучения основ литологии (например, на специальности «Геохимия»). В этот объем совершенно невозможно уложить даже основные понятия литологии. Думается, что для этого необходимо никак не менее 100—150 ч. На все остальные основные геологические дисциплины отводится в 3—4 раза больше часов, чем на литологию: минералогия — 162 ч (и, кроме того, кристаллография — 72 ч), геохимия и геохимические методы поисков — 160 ч, петрография общая — 186 ч.

В узком понимании литология — синоним петрографии⁴. Сейчас это уже не соответствует современному состоянию науки. Регулярно созывавшиеся всесоюзные совещания по петрографии осадочных пород позднее, начиная с IV совещания 1959 г. в Ташкенте, были продолжены уже под флагом литологических. В связи с этим существовавшая ранее комиссия по осадочным породам была преобразована в 1974 г. в Межведомственный литологический комитет.

Следует подчеркнуть, что развитие петрографии осадочных пород сыграло большую роль в становлении литологии, заложив ее основы. Без познания вещественного состава и происхождения осадков и осадочных пород невозможно выявление других сторон осадочных образований, познание которых включается в литологию. Так, обобщение данных петрографии впервые было сделано советскими исследователями — вначале М. С. Швецовым, а затем Л. В. Пустоваловым⁵. Последний впервые предвосхитил ряд основных вопросов генезиса осадочных образований.

В более широкое понимание литологии включаются помимо петрографии осадочных образований также методы фациального, формационного анализов осадочных образований и связанных с ними полезных ископаемых. Здесь приоритет принадлежит Й. Вальтеру⁶. Он предложил термин «литогенез» для обозначения процессов образования и развития осадочных отложений, включая их метаморфизм.

Э. Ог⁷ расчленил геологический цикл развития земной коры в геосинклиналиях на три фазы: 1) литогенез, т. е. образование осадочных отложений, 2) орогенез и 3) глиптогенез. В его понимании термин «литогенез» приобретал палеогеографическое содержание и, следовательно, включал учение о фациях. Это учение было развито Д. В. Наливкиным⁸, который обогатил его традициями докучаевского естествознания. Фации были определены им как единицы физико-географического ландшафта (единицы физико-гео-

⁴ См.: Мушкетов И. В. Физическая геология, т. I.— Спб., 1886, с. 20.

⁵ См.: Швецов М. С. Петрография осадочных пород. 1-е изд.— М., 1934; 2-е изд.— М., 1948; Пустовалов Л. В. Петрография осадочных пород, ч. 1, 2.

⁶ Walther J. Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft.— Jena, 1893—1894.

⁷ Ог Э. Геология.— М.— Л., 1938.

⁸ Наливкин Д. В. Учение о фациях. Географические условия образования осадков. 1-е, 2-е изд.— М.— Л., 1932, 1933; 3-е изд.— М.— Л., 1956.

графической среды) — крупные, средние и мелкие, т. е. единицы, определяющие обр.

В те же 30-е гг. развитие широких исследований осадочных полезных ископаемых потребовало постановки специальной детальной съемки районов распространения вмещающих их осадочных отложений. Это новое направление исследований, получившее название литологического картирования, было заложено С. Ф. Малявкиным⁹ с сотрудниками, а также Е. П. Брунс, геологами-угольщиками во главе с Ю. А. Жемчужниковым¹⁰ и другими. Работы Ю. А. Жемчужникова имели огромное значение для развития современной литологии, в том числе для изучения ритмичности, а также фациального и палеогеографического анализа осадочных отложений.

В. И. Поповым¹¹ предложено включить в литологию изучение осадочных формаций и опубликована первая структурно-литологическая (фактически структурно-формационная) карта Средней Азии, ставшая затем основой районирования этой страны.

Под знаком литологии стали объединяться новые подходы к палеогеографии и фациям, геологическому картированию, районированию и поискам полезных ископаемых. В геологии стало зарождаться новое, широкое понимание литологии. Уже в 30-е гг. против узкопетрографического понимания литологии возражал видный петрограф А. Н. Заварицкий: «В последнее время у нас заметно, как будто бы, некоторое оживление интереса к литологии, как какой-то области знания, не вполне тождественной с петрографией или петрологией... существует потребность в развитии каких-то сторон изучения горных пород, более глубоком и, может быть, с несколько иной точки зрения, чем это обычно делается петрологами... с точки зрения именно интересов геолога... Литология стремится изучить горные породы как памятники физико-географических условий прошлого. Именно в этом заключается чисто геологический интерес изуче-

⁹ См.: Малявкин С. Ф. Применение литологии при изучении месторождений строительных материалов. — В кн.: А. Н. Гейслер. Курс недрных месторождений, ч. 2. Л. — М., 1935.

¹⁰ См.: Жемчужников Ю. А., Яблоков В. С., Боголюбова Л. П. и др. Строение и условия новых пластов среднего карбона Донецкого бассейна, ч. 1. — Тр. ГИН АН СССР, 1959, вып. 15.

¹¹ См.: Попов В. И. О литологическом изучении осадочных формаций Узбекистана. — Социалистическая наука и техника, Ташкент, 1937, № 8; Он же. История депрессии и поднятий Западного Тянь-Шаня. — Ташкент, 1938, с. 415 (карта).

ния горных пород и именно в этом направлении ожидают от литологии, на законности существования которой, как особой ветви петрологии, главным образом, они — геологи настаивают... Есть основание наполнить старый термин „литология“ новым содержанием»¹².

По этому пути пошли Н. М. Страхов¹³, Л. Б. Рухин, а также А. В. Сидоренко, С. В. Тихомиров, авторы данной статьи и многие другие литологи Советского Союза. По Н. М. Страхову, «литология — наука о составе, структурах, текстурах и генезисе осадочных пород, включая и руды»¹⁴, причем она разделяется на описательную часть, т. е. петрографию осадочных пород, генетическую (литогенез) и методы исследования. Однако фактически Н. М. Страхов понимал литологию гораздо шире и не ограничивал ее только изучением осадочных пород. Так, он признавал необходимость включения в нее учения о фациях и учения о формациях (которые представляют собой самостоятельную категорию геологических тел более крупного ранга, чем породы)¹⁵, хотя специально ими не занимался.

В его работе 1963 г.¹⁶ освещаются вопросы эволюции осадочной оболочки, атмосферы, гидросферы и биосферы. Он же провел в 1965 г. специальное совещание по геохимии осадочных пород и руд, развивая литолого-геохимическое направление исследований А. Е. Ферсмана, Л. В. Пустовалова, И. И. Гинзбурга.

Наиболее широкий подход к пониманию объема и задач литологии был изложен Л. Б. Рухиным в его классической монографии «Основы литологии»¹⁷. Она выдержала три издания на русском языке, переведена на английский. Перечисление только основных разделов этой работы уже может убедить в ее редкой основательности.

Ч. 1. Осадочные породы (158 с.). Сжатое изложение петрографии осадочных пород. В некоторых вузах (ТашГУ,

¹² Заварицкий А. Н. Литология и петрология.— В кн.: Проблемы советской геологии, № 9. М., 1934.

¹³ Страхов Н. М. Основы теории литогенеза, т. 1—3.— М., 1960—1962.

¹⁴ Страхов Н. М. Литология.— Геологический словарь, т. 1. М., 1973, с. 396.

¹⁵ Страхов Н. М. Развитие литогенетических идей в России и СССР.— М., 1971, с. 621.

¹⁶ Страхов Н. М. Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли. Изд-во АН СССР, 1963.

¹⁷ Рухин Л. Б. Основы литологии. 1-е изд.— М.— Л., 1953; 3-е изд.— М.— Л., 1969.

ЛГУ, МГРИ) читается как самостоятельный курс. Ч. 2. Стадии и условия образования осадочных пород, охватывающие седиментогенез и литогенез (130 с.). Ч. 3. Фации и методы фациального анализа (135 с.). Они были рассмотрены также в монографии «Основы общей палеогеографии» (557 с.)¹⁸. Ч. 4. Осадочные формации (100 с.). Первое, очень сжатое их описание. Ч. 5. Современная геологическая эпоха и ее отложения (130 с.).

Итоги развития литологии были подведены на VIII Всесоюзном литологическом совещании, на котором было дано следующее определение: «Литология — наука об осадочных породах и связанных с ними полезных ископаемых, их составе, происхождении, закономерностях пространственного и геохронологического размещения» (включая изучение осадочных формаций). Здесь же были зафиксированы следующие основные проблемы литологии: 1) учение о типах осадочного процесса (ледовом, гумидном, аридном и вулканогенно-осадочном); 2) изучение литогенетических типов и фаций; 3) исследования современных осадков водоемов; 4) познание вторичных, и в частности наложенных эпигенетических и метаморфических, изменений осадочных пород и руд; 5) выявление эволюции осадочного процесса; 6) установление климатических ассоциаций накопления элементов; 7) исследование закономерностей их распределения в современных и древних областях седиментогенеза; 8) выделение различных видов полезных ископаемых осадочного происхождения¹⁹.

В настоящее время в объем литологии входят следующие главнейшие разделы (включенные в преподавание учебных дисциплин на кафедре литологии ТашГУ):

- 1) основные понятия литологии, фазы развития осадочных образований, история развития литологии;
- 2) изучение осадочных горных пород, минерального и химического их состава, строения (структуры, текстуры), генезиса, классификации и методов их изучения;
- 3) седиментогенез и литогенез, в том числе изучение условий возникновения осадочных образований в зависимости от окружающей физико-географической среды, включая роль атмосферы, гидросферы, биосферы, литосферы и ее тектоники, с учетом наложенного влияния эпигенеза,

¹⁸ Рухин Л. Б. Основы общей палеогеографии. — М. — Л., 1959.

¹⁹ Состояние и задачи советской литологии. Ч. 1. Доклады и решения VIII Всесоюзного литологического совещания. 20 мая — 2 июня 1968 г. — М., 1970, с. 214—215.

метаморфизма, глубинных магматических и пневматоидротермальных процессов;

4) учение об осадочных фациях (современных и прежних); изучение фациальных (физико-географических, ландшафтных) единиц разного порядка, выделяемых с помощью динамического фациального анализа; методы фациального исследования, методика палеофациального палеогеографического картирования;

5) литология моря;

6) учение об осадочных формациях (в фациально-петрогенетическом понимании); изучение их петрографического состава, морфологии, генезиса, а также связанных с ними полезных ископаемых; их классификация и выяснение их взаимоотношений с магматическими, пневматоидротермальными и метаморфическими формациями, с тектоникой земной коры и магматогенной историей развития последней, методы их исследования и палеоформационного картирования;

7) ритмичность (цикличность) формаций, связанная с развитием периодических геологических процессов (магмотектонических и климатических); ее влияние на морфологию формаций; разделение литостратиграфических, ритмостратиграфических и биоритмостратиграфических единиц и их использование в современной комплексной стратиграфии; методика их выделения и прослеживания;

8) геохимия осадочных пород, руд и формаций, методика ее изучения;

9) осадочные полезные ископаемые (сингенетичные и эпигенетичные);

10) комплексная литолого-геохимическая методика прогнозирования осадочных полезных ископаемых, включая следующие основные принципы:

а) познание генетических типов месторождений, в том числе формационных и геохимических;

б) выяснение ритмостратиграфии вмещающих формаций и возможной приуроченности искомого полезного ископаемого к определенным ритмостратиграфическим подразделениям;

в) динамическое фациальное картирование этих горизонтов с выделением участков, наиболее перспективных для данного полезного ископаемого;

г) наложение зон эпигенетических изменений (показываемых на динамических палеофациальных картах), установление их роли в обогащении или разубоживании этого полезного ископаемого;

11) другие области практического применения литологий (в гидрогеологии, инженерной геологии, грунтоведении, геофизике и т. д.);

12) необратимая эволюция осадочных формаций пород и полезных ископаемых в связи с необратимым стадийным магмотектоническим развитием земных оболочек, включая изменяя литолого-геохимических условий образования и типов осадочных полезных ископаемых.

Совершенно очевидно, что все вопросы, выдвинутые развитием литологических исследований в нашей стране, невозможно охватить в рамках одной учебной дисциплины «Литология». Необходимо расчленить их по нескольким учебным курсам примерно следующим образом: петрография осадочных пород, учение о фациях и формациях, литогеохимия, литогенез осадочных полезных ископаемых, литологическое картирование, ритмостратиграфия и др.

Переходя к задачам литологии, необходимо отметить прежде всего постановку детальных литологических съемок, лежащих в основе разведочных работ. Методика таких съемок базируется на вычленинии литостратиграфических, ритмостратиграфических и биоритмостратиграфических единиц. Исследование таких единиц все шире внедряется сейчас в стратиграфию и геологическое картирование. Решение этих задач вряд ли возможно без глубокого овладения теоретическими основами литологии (в частности, учением о фациях). Особую важность обретают названные проблемы в связи с необходимостью крупномасштабного картирования территории СССР. При этом невозможно будет обойтись без выделения свит и ритмосвит, пачек и ритмопачек, основанного на четко осознанных фациальных критериях.

Таким представляется нам современное содержание литологии и понимание ее объекта.

Широкие литологические исследования как прикладного направления, уже развернувшиеся в управлениях и экспедициях Министерства геологии СССР, так и научного, например в Институте геологии, Институте литосферы, а также в некоторых вузах (кафедра литологии ТашГУ и других), подтверждают верность нашего подхода. И то, что до сих пор не создано ни одного специального литологического научно-исследовательского института, никак нельзя признать даже терпимым. Такой институт необходим.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ВЗАИМОСВЯЗИ ЛИТОЛОГИИ И ГЕОТЕКТониКИ

В. Н. КОМАРОВ, д-р филос. наук

Статус самого понятия «науки о Земле» во многом зависит от того, какова подлинная естественно-научная цена утверждения, что Земля представляет собой материальную (точнее, вещественно-энергетическую) систему. Между тем анализ геологической литературы убеждает, что это утверждение базируется скорее на интуитивных догадках, чем на строгих теоретических предпосылках. Аргументировать сказанное можно следующими доводами. Во-первых, у геологов нет единых представлений о предмете (объекте) геологии (земная ли это кора или Земля в целом). Во-вторых, почти не находит отражения тот факт, что переход с одного структурного уровня строения материи на другой, хотя бы и соседний, сопровождается появлением закономерностей, не поддающихся простому прогнозированию путем экстраполяции законов низшего уровня. В-третьих, в соответствующей литературе должным образом не раскрыто содержание таких фундаментальных (атрибутивных для Земли как материальной системы) понятий, как геологическое движение, геологическое время, геологическое пространство.

Это обобщение хотя и излишне драматизирует ситуацию, однако несомненно то, что до тех пор, пока геология не на словах, а на деле не станет естественно-научным ядром всего учения о Земле, адекватной теории геологической эволюции мы иметь не будем. Адекватная формулировка закономерностей существования, строения и эволюции вещества Земли под силу только геологам, так как «литогенез», «метаморфогенез», «тектогенез», «орогенез» и пр.— это понятийный аппарат геологии, который при всем своем несовершенстве отражает не фикции, а реальные процессы природы. Причем онтологическая сущность таких процессов не улавливается ни одной из естественных наук, не располагающих соответствующим понятийно-концептуальным аппаратом.

Геология раздроблена на десятки дисциплин, что вызвано нечеткостью понимания сущности геологической эволюции. По мере прояснения этой сущности, раскрытия ее онтологической сложности ныне существующие на правах относительно самостоятельных многочисленные геологические

дисциплины превратятся в аспекты единой науки — геологии. Причем, по нашему мнению, именно проблема синтеза геологических наук является сейчас самой актуальной для геологов-теоретиков. Рассмотрим в этой связи ситуацию, сложившуюся в результате возникновения теоретической концепции, с которой связывают наступление научной революции в геологии¹.

Концепция новой глобальной тектоники, или тектоники литосферных плит, или неомобилизма, могла возникнуть лишь с выходом геологии на океанические просторы, т. е. в 50-е гг. Исследование строения океанического дна резко увеличило наши знания о поверхности Земли, ибо все, что было известно до этого, ограничивалось, по существу, одной ее материковой частью. Причем изучение строения океанического дна, возраста и состава пород и процессов, там протекающих, привело к необходимости не только радикального пересмотра ранее господствовавших в геологии представлений, но и отказа от многих из них.

В новой глобальной тектонике с единых позиций рассматриваются жизнь земных оболочек, эволюция континентов и океанических бассейнов, орогенез, метаморфизм и магматизм; радикально пересматривается классическая теория геосинклиналей вплоть до вывода, что ее «догмы» «тормозят геологическую мысль». Новая глобальная тектоника начинает использоваться и в прикладных целях: она уже положена в основу металлогенического анализа, что открывает новые пути прогнозирования поисков полезных ископаемых (в частности, сульфидных месторождений, медно-порфириновых руд и др.).

Даже самые принципиальные противники обсуждаемой тенденции констатируют, что «работы в области глобальной тектоники — не академические описания, а исследования по определению возможностей дальнейшего существования че-

¹ Относительно состояния науки геологии автор высказывает сугубо индивидуальное и спорное мнение. В современной геологии основным предметом изучения является литосфера. Земля в целом изучается космической геологией, планетологией, геофизикой (физикой Земли), землеведением. В геологии существование многих дисциплин вызвано объективной необходимостью, а именно многообразием геологических объектов, применимых к ним методов исследования и невозможностью экстраполяции законов, справедливых в отношении одних объектов, на другие. Эти вопросы, так же как необходимость развития обобщающей науки о Земле (землеведения) широко обсуждаются в печати (см. библиографию, с. 289) (*Прим. редколлегии*).

ловека»². Однако на этом основании они призывают всех противников данной концепции объединить их усилия. А. Мейерхофф и его единомышленники исходят из того, что по мере истощения ресурсов континентов человеку придется все чаще и чаще обращаться к морю. Минеральный же потенциал океанических бассейнов, возраст которых не превышает 150—200 млн. лет (согласно самой новой концепции), значительно меньше, чем потенциал океанических бассейнов, возраст которых достигает 1000—1500 млн. лет (согласно классической геологии). А так как общий подход к постановке геологических и геофизических исследований в океане диктуется в основном концепциями, определяющими характер и время происхождения океанических бассейнов, то в этом и видят опасность новой глобальной тектоники.

Оставим в стороне вопрос, насколько жизнь человечества будет зависеть от минерального потенциала океанических бассейнов, ибо и без того противники новой концепции тектоники правы, доказывая, что она полна противоречий и прямо игнорирует ряд геологических факторов. Впрочем, и сами творцы этой концепции не считают ее совершенной и даже допускают, что через какое-то время она может быть отвергнута³. Не обзвывая всех критических замечаний (а их достаточно как в зарубежной, так и в советской литературе), остановимся лишь на том, что, на наш взгляд, игнорируется, не учитывается, и на том, какие из геологических дисциплин ставят перед тектоникой плит наиболее неприятные для нее вопросы.

Критика новой глобальной тектоники осуществляется главным образом на естественно-научном уровне. Но действительность научной критики самым существенным образом зависит от того, на какие философско-методологические принципы она опирается. И здесь нам важнее всего то, что новая глобальная тектоника возникла в результате усилий ученых страны, в которой вся духовная и практическая жизнь буквально пронизана философией прагматизма, т. е. философией, которая с порога отбрасывает любой вариант материалистической теории отражения, трактуя любое знание как «поток сознания», а все *объекты познания* считает

² Мейерхофф А., Мейерхофф Г. Новая глобальная тектоника: основные противоречия.— В кн.: Новая глобальная тектоника (тектоника плит). М., 1974, с. 378.

³ Айзекс Б., Оливер Дж., Сайке Л. Сейсмология и новая глобальная тектоника.— В кн.: Новая глобальная тектоника (тектоника плит). М., 1974, с. 177.

конвенциями, возникшими в ходе решения практических задач. Понятия и теории прагматизм трактует как своего рода научные орудия человека, а истину определяет как полезность или как работоспособность идеи. Успех абсолютизируется и превращается не только в единственный критерий истинности идей, но и в само содержание истины. Следует добавить, что в 60-е гг. интерес к прагматизму резко усиливается и предпринимаются интенсивные попытки обосновать его средствами современной методологии науки⁴. Отметим, что этому способствует своеобразная мимикрия многих понятий прагматизма под некоторые положения диалектического материализма, методологическую действительность которого ныне уже невозможно отрицать. Пытаться оценивать теоретическую состоятельность новой глобальной тектоники без выявления его философской базы — значит проявлять идеологическую наивность, игнорировать историю развития естествознания и философии.

В мировой геологии издавна сформировались две школы — европейская и американская. Принципиальное различие между ними ярко проявляется в той ожесточенной борьбе, которая идет вокруг проблем стратиграфии (ее статуса, основ, методов, задач и т. д.). Достаточно напомнить, как резко выступил О. Шиндевольф (типичный представитель европейской школы геологов) против Х. Хедберга (типичного представителя американского подхода к геологии), когда специальная подкомиссия Международного союза геологических наук, руководимая последним, положила в основу проекта Международного стратиграфического кодекса стратиграфический кодекс США с явно прагматической окраской. Вот лишь один пример, красноречиво характеризующий философско-методологическое кредо Х. Хедберга: «Установление границы (в стратиграфии.— В. К.) в значительной степени вопрос принятия того или иного решения; последующее прослеживание этой границы — процедура значительно более субъективная»⁵.

Прагматические установки видны в попытках американских геологов раздробить стратиграфию на ряд независимых стратиграфий (литостратиграфию, биостратиграфию, хроностратиграфию и т. д.) и одновременно абсолютизировать значение радиометрических методов в стратиграфии

⁴ См.: Прагматизм.— Философский энциклопедический словарь. М., с. 521.

⁵ Цит. по кн.: Шиндевольф О. Стратиграфия и стратотип.— М., 1972, с. 49.

(хотя в этом отражается также недостаточная разработанность таких понятий, как геологическое пространство и геологическое время, что, в частности, ведет к печеткому различению времени и слоев в геологии). Констатируя, что литостратиграфическая инвентаризация пород является обязательной ступенью геологического исследования, теоретики идут дальше, утверждая, что стратиграфию вполне можно разрабатывать только на основе данных о составе пород. Так и поступают некоторые нефтяные компании США, которые, по свидетельству Фэрбриджа⁶, в качестве важнейшего средства для стратиграфических корреляций используют определяемые в шлифах различия в микрофациях и строении пород. Какими же соображениями при этом руководствуются? Да такими, что метод непосредственного визуального сопоставления шлифов значительно проще, требует меньших знаний и менее высокой научной квалификации, чем канонизированные методы макро- и микропалеонтологич.

Обращая внимание на очевидное воздействие прагматизма на американскую геологическую мысль, мы не случайно обратились к стратиграфии и литологии. Данные именно по этих геологических дисциплин в первую очередь игнорируют сторонники новой глобальной тектоники, объявляя их «мелкими и незначительными деталями»: «Геологи-нефтяники должны научиться сосуществовать с тектоникой плит. Мы не можем прятать под ковер факты, идущие вразрез с нашими представлениями»⁷. Однако факты под ковер прячут все-таки адепты новой глобальной тектоники.

Стратиграфические и литологические данные об эвапоритах от среднепротерозойского до современного возраста, о распределении фанерозойских карбонатных пород и позднедевонских угленосных отложений, а также целый ряд палеонтологических свидетельств — все эти факты никак нельзя зачислить в разряд «мелких и незначительных деталей» или объявить «двусмысленными». Эти свидетельства необходимо осмыслить и объяснить. В противном случае нужно согласиться с тем, что в фундаменте данной геофизической по преимуществу концепции зияют пустоты, которые делают ее шаткой и ставят под сомнение ее исходные гипотезы о существовании древних континентов — Гондваны, Лавразии или Пангеи — с последующим (с начала ме-

⁶ Цит. по кн.: Шиндевольф О. Стратиграфия и стратотип. — М., 1972, с. 47.

⁷ Цит. по: Мейерхофф А., Мейерхофф Г. Новая глобальная тектоника..., с. 378.

возоя) их расколом, западным дрейфом и полюсобежным смещением.

Из сказанного, как нам представляется, явствует, сколь ответственны те задачи, которые поставлены новой глобальной тектоникой перед стратиграфией и литологией, насколько должны быть повышены требования к качеству и адекватности стратиграфических исследований (не говоря уже о резком возрастании значения этих исследований для обеспечения страны миперальным сырьем, потребности в котором неуклонно растут). Однако вряд ли можно ожидать повышения качества исследований, если многие стратиграфы и литологи будут и впредь возлагать надежды только на физику и ее методы (радиометрию, например), на ЭВМ (на автоматически поставляемую информацию), на теорию вероятностей и статистические методы. Действительный успех здесь может прийти лишь тогда, когда методы этих наук будут не навязываться геологии извне, а в соответствии с онтологической сложностью геологических явлений естественно включаться в исследовательский процесс.

Говорить об этом приходится потому, что физико-математические методы буквально врываются в геологию и под их натиском капитулируют многие геологи, особенно молодые, слабо знакомая с историей развития классической геологии и паходящаяся под сильным впечатлением успехов наук физико-математического цикла.

Воздействие учения о тектонике плит также может быть отнесено к разряду гипнотических. Известно, например, что пекий палеонтолог получил данные, явно противоречащие гипотезе дрейфа, и, не веря самому себе, прислал А. Мейерхоффу письмо, в котором, в частности, написал: «По-видимому, мне не стоит воспринимать свои данные всерьез, поскольку дрейф континентов уже доказан физиками, а паш долг — искать факты в его поддержку»⁸.

Это ли не свидетельство того, что снобистский афоризм, порожденный почти полвека тому назад позитивистско-прагматистской богемой: «Есть одна наука — физика; все другие — коллекционирование марок», и по сей день одурманивает сознание. И как видим, не одних только физиков. Но думается, именно геологам предстоит доказать теоретико-методологическую несостоятельность таких вот броских изречений. Если же геологи не справятся с этой задачей,

⁸ Мейерхофф А., Мейерхофф Г. Новая глобальная тектоника..., с. 237.

то их наука так и не шагнет со ступеней эмпирической оппсательности.

Однако мы оптимистически смотрим на будущее геологии. Наш оптимизм подкрепляется не только общеметодологическими соображениями, но и стимулирующим и объединяющим воздействием, которое безусловно оказывает на все геологические науки концепция новой глобальной тектоники.

МИРОВОЗЗРЕНЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ УЧЕНОГО

А. Т. МОСКАЛЕНКО, д-р филос. наук

Деятельность ученого всегда происходит в определенной социальной и культурной среде. Как и любой человек, ученый не может пренебречь условиями, в которых осуществляется его деятельность, реализуются его потребности, интересы и склопности. «...Мы можем познавать только при данных нашей эпохой условиях и лишь настолько, насколько эти условия позволяют»¹, — пишет Ф. Энгельс в «Диалектике природы». Познавательная деятельность ученого детерминируется многими факторами как материального, так и духовного характера. Среди духовных факторов, особенно в периоды коренных революционных изменений в науке, на познавательную деятельность ученого решающее влияние оказывает мировоззрение. Специфика теоретической работы ученого, как отмечал В. И. Вернадский, состоит прежде всего в том, что он «вынужден работать в области сложного духовного окружения, созданного веками философской, религиозной и социальной мыслью, которая на каждом шагу встречается с готовыми понятиями, противоречивыми, нередко созданными поэтической и художественной интуицией, опирающимися на глубокие проявления человеческой личности»².

Теоретическое мышление ученого исторически конкретно и обусловлено уровнем развития науки и общественно-исторической практики, оно поэтому не может существовать и развиваться в абсолютных, внеисторических, трансцендентных формах. Историческая конкретность структуры и форм теоретического мышления, его фундаментальных

¹ Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 20, с. 556.

² Вернадский В. И. Размышления натуралиста. Кн. 2. Научная мысль как планетное явление. — М., 1977, с. 132.

категорий, понятий, норм и методов убедительно доказывает, что в деятельности ученого всегда реализуется определенная мировоззренческая установка. Дело в том, что по своей гносеологической природе, целям и задачам теоретическое познание направлено на практическое овладение миром, и поэтому оно невозможно без выработки ученым общего взгляда на мир, на природную и социальную реальность и свое место в мире, оно невозможно и без формирования определенной философско-мировоззренческой установки, реализуемой ученым в процессе познавательной деятельности. Следует подчеркнуть, что даже в теоретически развитых отраслях науки, конкретных научных дисциплинах эта установка чаще всего не бывает представлена и выражена в явном виде, но она органически вплетена в концептуальные средства исследования, язык и стиль науки, в способы и формы интерпретации наблюдений, постановки экспериментов, в обобщения и выводы по исследуемым проблемам. Наука, как специализированная форма производства знаний, генетически и функционально является сложным структурным образованием, включающим наряду с эмпирическим и теоретическим уровнями и определенные философско-мировоззренческие основания и предпосылки, методологические нормы и принципы.

Установка ученого, реализуемая в познавательной деятельности, базируется на системе его убеждений, которые в практике исследования выступают как научные выводы, почерпнутые из анализа наблюдаемых фактов и подтверждаемые последними. К такого рода убеждениям ученого, составляющим важнейшую предпосылку и мировоззренческую основу всей научной работы, А. Эйнштейн, например, относил «убеждение, что мир представляет собой упорядоченную и познаваемую сущность»³. Мировоззренческие убеждения естествоиспытателей В. И. Ленин характеризовал как естественно-исторический материализм⁴. Такие убеждения (и, добавим, формирующаяся в процессе практической деятельности людей стихийно-реалистическая установка) сознательно, как подчеркивал В. И. Ленин, кладутся материализмом в основу его теории познания⁵.

Не всякие убеждения ученого носят мировоззренческий характер, а только те, которые целостно и сущностно отражают действительность, опосредуясь общественными и

³ Эйнштейн А. Собрание научных трудов, т. 4.— М., 1967, с. 142.

⁴ См.: Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 18, с. 367.

⁵ Там же, с. 66.

индивидуальными потребностями, интересами, задачами, идеалами. Мировоззренческие убеждения ученого выступают в познавательной деятельности как представления, выражающие общую сущность природных и социальных явлений, и обычно выходят за пределы специальных областей научного исследования. «Ориентируя сознание человека в системе общественных отношений и природных взаимосвязей, — пишет П. Н. Федосеев, — мировоззрение задает совокупность исходных ценностей и установок, которые воздействуют на поведение и образ жизни социальных классов, групп и индивидов. Представления и идеи, входящие в состав мировоззрения, становятся убеждениями человека, активно участвуют в формировании его позиции по отношению ко всем жизненно важным явлениям и событиям в мире. Таким образом, мировоззрение — существенный феномен как личной, так и общественной жизни людей. Можно сказать, что оно отражает единство индивидуального и общественного сознания. Благодаря этому единству сознание отдельного человека, сохраняя свои личностные характеристики, соединяется с общественным сознанием»⁶.

Роль научного мировоззрения в исследовательской работе исключительно велика: оно является важнейшей основой решения исследовательских задач, раскрывает условия исследования и способствует определению его общих направлений, составляет методологическую базу исследовательской работы. Будучи продуктом всеобщего исторического развития, наука сама играет важную роль в формировании и развитии научного мировоззрения, по из этого вовсе не следует, что наука и ее обобщения и выводы являются единственным источником мировоззрения. Научное мировоззрение, подчеркивает П. Н. Федосеев, несводимо «к простому осмыслению результатов одной лишь науки. Научное мировоззрение — продукт эпохи в целом. Оно складывается в результате научного обобщения и осмысления с позиций передового общественного класса не какой-то отдельной стороны человеческой деятельности, а человеческого существования во всем многообразии его проявлений»⁷.

Как показывает исторический опыт развития науки, мировоззрение ученых, сформированное лишь на основе обобщения результатов науки или только одной из ее ведущих

⁶ Федосеев П. Н. Философия и научное познание. — М., 1983, с. 17.

⁷ Там же, с. 21.

отраслей, страдает односторонностью, метафизической ограниченностью, абсолютизацией достигнутых познанием результатов. Таким, например, было господствовавшее в науке XVIII—XIX вв. механистическое мировоззрение, ядро которого составляли познавательные установки классической механики И. Ньютона. Величайшие открытия физики в конце XIX в. не могли получить удовлетворительного теоретического объяснения с позиций механистического мировоззрения и его ограниченных методологических установок и настоятельно требовали от ученых глубокого философского анализа сложившегося положения. Само развитие науки определило необходимость перехода ученых на позиции диалектического материализма: только универсальный диалектический метод, принципиально отрицающий абсолютизацию научных картин мира и познавательных моделей, основанных на обобщении результатов конкретной отрасли науки, позволил найти выход из глубокого кризиса в философско-мировоззренческих основаниях и методологических установках науки XIX в.

Каждая конкретная наука и научная дисциплина содержит в себе мировоззренческое начало, но независимо от уровня развития этих наук и достигнутых ими результатов, сами по себе они еще не составляют цельного мировоззрения. Только на основе философских обобщений, имеющих всеобщий, универсальный характер, только на базе подлинного синтеза всей совокупности научных знаний, уровня развития культуры и революционной практики появилась возможность разработки подлинно научного мировоззрения и научной диалектико-материалистической методологии. Более того, познание человеком мира не может быть сведено или ограничено научным познанием. Последнее является важнейшей, но не единственной формой реализации познавательного отношения человека к миру, формой и способом его духовного освоения. Сама наука исторически обусловлена уровнем развития всей культуры человечества, историей развития преобразующей деятельности человека, общественно-исторической практикой. Поэтому научное мировоззрение характеризуется не только содержанием, но и способом осознания, или духовного освоения человеком действительности, оно играет важную роль в формировании принципов жизни, идеалов и целей человека, определяющих характер его деятельности. Мировоззрение, таким образом, является особым способом видения человеком мира, методологической основой познания и революционного преобразования мира. Основной стержень,

сердцевину научного мировоззрения составляет диалектико-материалистическая философия.

Являясь существенной предпосылкой теоретического познания, научное мировоззрение имеет решающее значение в формировании методологической установки ученого, поскольку для любого исследователя принципиальное значение имеет не только определение целей, задач и основных направлений его научной работы, но и решение вопросов о том, какими средствами и каким способом лучше достигнуть познавательных целей, каким путем и по каким нормативам имеющееся знание перевести в предписание практического действия⁸. Таким образом, научное мировоззрение органически связано с методологией научного познания. Но так как наука по своим целям и задачам не может ограничиться лишь теоретическим освоением мира, но и решает вопросы о путях его революционного преобразования, то и методологию следует рассматривать как учение о методах и средствах человеческой деятельности, направленных на эффективное достижение поставленных целей.

Диалектико-материалистическая методология является важнейшим инструментом реализации принципа единства теории и практики. Включая практику в теорию познания, диалектический материализм существенно расширил свою методологическую функцию, состоящую в детальном обосновании способов, средств и приемов организации и осуществления всего многообразия видов человеческой деятельности, в разработке методов и средств, адекватных исследуемым и преобразуемым объектам. Вместе с тем всеобщий характер диалектико-материалистической методологии требует всестороннего учета условий и конкретизации форм ее применения к различным сферам теоретической и практической деятельности с точки зрения перспектив решения конкретных задач и целей. Эффективная реализация методологической функции диалектико-мате-

⁸ В настоящей статье не ставится задача раскрыть содержание, структуру и функции методологической установки ученого, так как эти вопросы рассмотрены в литературе (см.: **Ворожцов В. П.** Методологические установки ученого и их роль в научном познании.— В кн.: Методологические и философские проблемы физики. Новосибирск, 1982; **Дышлевый П. С., Пайдыш В. М.** Материалистическая диалектика и проблема научных революций.— Киев, 1981; **Москаленко А. Т.** Социальная, гносеологическая и психологическая обусловленность методологической установки ученого.— В кн.: Роль методологии в развитии науки. Новосибирск, 1985; **Пайдыш В. М.** Смена методологических установок как необходимый элемент научных революций.— Философские науки, 1975, № 5; и др.).

риалистической философии возможна тогда, когда последняя выступает не в виде однозначных предписаний, жестко сформулированной системы норм, формализованных приемов и «рецептов», а в виде общей системы принципов и регулятивов познавательной и практической деятельности.

Из принципа единства теории и практики в диалектико-материалистической философии органически вытекает и принцип единства ее мировоззренческой и методологической функций. Исследование методов и средств достижения истинного и практически эффективного знания, выяснение внутренних механизмов, логики движения и организации знания невозможно без мировоззренческой интерпретации оснований, социальных и гносеологических предпосылок научного исследования и его результатов. Только на основе единства методологии, теории познания и диалектики возможен методологический анализ природы, форм и методов познавательной и преобразующей деятельности человека⁹. «Нам представляется,— пишет В. С. Швырев,— что целесообразно определить методологический анализ достаточно широко, понимая под ним всякое исследование форм знания или познавательных действий и процессов, имеющих своей целью выявление и осознание тех приемов, установок, предпосылок, условий и средств деятельности, которые лежат в основе формирования, функционирования и развития форм отражения действительности в научном познании. Будучи отрефлексированы и выявлены, эти средства, приемы, установки и пр. из неявных условий деятельности превращаются в сознательно используемые средства и методы. Это их превращение в сознательно используемые средства и методы предполагает возможность развития и совершенствования этих средств и методов, разработку новых и т. д. Таким образом, методологический анализ науки в принципе обеспечивает не только выявление уже существующего арсенала средств, приемов и методов познавательной деятельности, но и его совершенствование»¹⁰.

Диалектико-материалистическая теория познания придает большое значение методу научного познания. Метод

⁹ На эту особенность методологических исследований научного познания уже неоднократно указывалось в нашей философской литературе ведущими учеными Л. Ф. Ильичевым, В. А. Лекторским, Ю. В. Сачковым, П. Н. Федосеевым, Э. М. Чудиновым, В. С. Швыревым и др.

¹⁰ Швырев В. С. Теория познания и методологический анализ науки.— В кн.: Гносеология в системе философского мировоззрения. М., 1983, с. 132.

Является важнейшим орудием познавательной деятельности, катализатором науки, средством ее развития и обогащения новыми результатами. Характер метода, его особенности, направления его дальнейшего совершенствования свидетельствуют об уровне развития науки, о ее способностях к саморазвитию и достижению новых результатов. «Великие научные открытия потому и называются великими, — утверждает Ю. В. Сачков, — что ведут к изменению и совершенствованию способов постановки и решения исследовательских задач, к новым «средствам производства» в науке. Эпохи в науке отличаются не просто тем, что исследуется, а тем, как и каким способом исследуется»¹¹.

Научный метод есть в то же время объединяющее начало развития науки, ее синтез, впитывающий в себя предшествующую историю познания предмета. Тем самым метод познания выступает в роли важнейшего средства повышения эффективности научного познания, способствует его интенсификации. Иными словами, только на основе метода система научного знания становится способной к самодвижению и развитию, к «расширенному» воспроизводству на базе ранее имевшихся научных знаний. Отражающая практику, научная теория посредством метода приходит в движение, становится средством приобретения новых знаний, реализует свою методологическую функцию в познании и практике.

Как отмечал К. Маркс, наука является «продуктом всеобщего исторического процесса развития, абстрактно выражающим его квинтэссенцию»¹². Но наука — это и «могущественный рычаг истории», «революционная сила в самом высоком значении этого слова»¹³. Вот почему в условиях быстрого развития научно-технической революции особое значение приобретает вопрос о формировании методологической установки ученого. Овладевшие ученым передовыми методами научного познания, методом диалектического материализма является сегодня вопросом не только теории, но и практики. Методологическая установка ученого, как и вообще методология, не создает непосредственного результата науки, но оказывает определяющее влияние на его получение, являясь регулятивной основой теоретической деятельности, направляя, ориентируя и контролируя про-

¹¹ Елсеев Э. П., Сачков Ю. В., Белов П. В. Поток идей и закономерности развития естествознания. — Л., 1982, с. 267.

¹² Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 26, ч. 1, с. 399.

¹³ Там же, т. 19, с. 348—349.

цесс получения нового знания. Если рассматривать движение познания как целостный процесс от выявления предмета исследования и формирования проблемы до построения научной теории, т. е. получения содержательных ответов относительно исследуемой реальности, то методологическая установка выступит как важнейший момент всего этого процесса, и ее функцией является организация данного процесса, определение его направления и форм. «Суть методологической установки по отношению к знанию,— пишет В. С. Швырев,— заключается в том, чтобы вскрыть основания, „порождающие механизмы“ знания. Контроль над этими „порождающими механизмами“ и последующее управление ими и их развитие и усовершенствование является необходимым условием успешного функционирования современной науки»¹⁴.

Аккумулируя в себе предшествующий опыт познания и преобразования человеком мира, методологическая установка ученого выступает не только как важнейшая предпосылка и составной компонент теоретической деятельности, но оказывает существенное влияние на его результат. Как подчеркивал К. Маркс, «не только результат исследования, но и ведущий к нему путь должен быть истинным. Исследование истины само должно быть истинно, истинное исследование — это развернутая истина, разъединенные звенья которой соединяются в конечном итоге»¹⁵. Вслед за К. Марксом выдающийся русский ученый Д. И. Менделеев еще в первом издании «Основ химии» указывал, что «знание выводов, без сведений о способах их достижений, может легко ввести в заблуждение не только в философской, но и практической стороне наук, потому что тогда... необходимо придавать абсолютное значение тому, что нередко относительно и временно»¹⁶. Поэтому, отмечал Д. И. Менделеев, к упомянутой цели исследования приходится присовокупить и «другую, более специальную: изложить вместе с выводами описание способов их добычи»¹⁷.

Методологическая установка ученого — категория историческая. Опыт развития науки показывает, что она формируется главным образом на философском уровне развития методологического знания. Только философский методологический анализ позволяет выявить исторически

¹⁴ Швырев В. С. Теория познания и методологический анализ науки, с. 133—134.

¹⁵ Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 1, с. 7.

¹⁶ Менделеев Д. И. Избранные сочинения, т. 2.— Л., 1934, с. 55.

¹⁷ Там же, с. 55.

конкретные возможности и границы научной теории, каждого метода, осмыслить революционные изменения в развитии науки в целом и ее отдельных отраслей. Методологические установки — сложное многокомпонентное и многоуровневое образование. Они функционируют на общенаучном конкретно-научном и дисциплинарном уровнях. В процессе научного исследования различные уровни методологии получают реализацию в конкретных методах, способах и средствах, используемых учеными для решения познавательных задач. Так, литология, являясь одной из быстро развивающихся научных дисциплин в обширном комплексе геологических наук, для решения стоящих перед нею задач разрабатывает и постоянно совершенствует не только собственные методы познания, но и широко использует методы и подходы других геологических дисциплин (геохимии и геофизики, минералогии и тектоники, палеонтологии и палеогеографии и др.). В современной литологии широко используются методы других отраслей науки (физики, химии, биологии, математики), а также общенаучные методы и подходы.

Расширение сферы методологических исследований, включая дисциплинарный уровень научного поиска, существенно обогащает конкретно-научную методологию, способствует усилению процесса совершенствования форм взаимодействия различных отраслей и дисциплин в современной науке. Эти исследования являются важнейшим звеном разработки методологических основ междисциплинарных исследований, крайне необходимых для эффективной реализации комплексных целевых научных и научно-технических программ, получивших в последние годы широкое распространение в нашей стране. Изучение методологии дисциплинарного уровня научного познания наиболее наглядно и четко раскрывает механизм взаимосвязи и взаимодействия теории и практики и поэтому имеет не только теоретическое, но и важное практическое значение.

Таким образом, философия оказывает весьма существенное влияние на методологические установки ученого во всех отраслях науки и на любом уровне исследования. Однако следует подчеркнуть, что только идеи передовой, подлинно научной философии оказывают заметное воздействие на процесс развития науки и совершенствование методологической культуры ученого.

В период научных революций методологические установки ученых претерпевают наиболее глубокие изменения. Не всегда и не все ученые глубоко осознают эти изменения

и тем более не всегда могут выразить их профессионально. Вместе с тем ни один ученый не может успешно осуществлять свою деятельность, не опираясь на определенные философские предпосылки, методологические установки и принципы, выражающие его общую позицию в исследовании. Ф. Энгельс, подчеркивая мысль, что над естествоиспытателями «властвует философия», однако вовсе не имел в виду только сознательную и четко выраженную приверженность ученого той или иной философской концепции и методологической установке. Сегодня уже многие ученые подтверждают многочисленными фактами развития науки заметную роль не только сознательных, но и стихийных философско-методологических ориентаций ученых в исследовательском процессе. «Методологическая установка по отношению к знанию, деятельностный подход и критико-рефлексивный анализ знания находятся между собой в органическом единстве, — пишет В. С. Швырев. — По существу в этих терминах фиксируются различные моменты, аспекты самосознания науки как деятельности по формированию научного знания, научной картины мира. Степень методологичности научного исследования соответствует, таким образом, степени развитости научного мышления в отношении осознания собственных установок, средств, предпосылок, осознания форм и методов собственной деятельности»¹⁸.

О важности общих философских позиций и методологических установок ученого и их влиянии на процесс научного поиска, на выводы и интерпретацию научных открытий неоднократно указывали не только многие советские, но и современные зарубежные ученые, такие как М. Рьюз, О. Солбриг и Д. Солбриг, К. Удингтон и др. Объясняя причины неправильных интерпретаций научных открытий и неудач некоторых исследователей в различных областях науки, крупные американские ученые О. Солбриг и Д. Солбриг отмечают, что в значительной мере «эти неудачи обусловлены тем, что ученые живут в определенной культурной среде и не могут полностью выйти за рамки системы взглядов, принятых в том обществе, к которому они принадлежат. Их мышление и их подход к своей работе формируются под влиянием этой системы взглядов и ценностей»¹⁹.

Следует подчеркнуть, что на современном этапе развития науки существенно меняется отношение к методологи-

¹⁸ Швырев В. С. Теория познания и методологический анализ науки, с. 134.

¹⁹ Солбриг О., Солбриг Д. Популяционная биология и эволюция. — М., 1982, с. 36.

ческим принципам марксистской философии в среде крупных западных ученых, которые идут ко все более широкому признанию идей диалектико-материалистической философии. Так, один из крупных западных биологов К. Удингтон, давая общую оценку основным тенденциям современной биологии, ее понятиям, теоретическим принципам и представлениям, подчеркивал, что они «в большей степени соответствуют диалектической концепции Маркса и Энгельса, чем обычному упрощенно-материалистическому подходу к проблемам биологии»²⁰. Однако всегда надо учитывать неоднозначность и многоплановость этого влияния диалектико-материалистической методологии на деятельность зарубежных ученых.

Весьма примечательным для наших дней является и то, что возрастающая роль диалектического материализма признается не только многими передовыми западными учеными, но и открытыми нашими идейными противниками — антикоммунистами из лагеря так называемых «советологов». Даже Р. В. Девенпорт, бывший редактор журнала «Fortuna», получивший специальную стипендию фордовского фонда для завершения своей книги, пишет в ней: «Идеи диалектического материализма ... не связаны исключительно с коммунизмом. Правильнее сказать, что они свойственны двадцатому веку. Они проникают в интеллектуальную жизнь миллионов людей, которые, вообще говоря, полностью отвергают коммунизм. Даже в Америке, где сопротивление этой доктрине эмоционально столь интенсивно, образ мышления, породивший диалектический материализм, оказывает глубокое влияние на наше общество и на наши взгляды. Западный мир часто не в состоянии дать убедительного ответа диалектическому материализму, так как его мышление уже проникнуто целым рядом элементов, на которых диалектический материализм зиждется»²¹.

В условиях научно-технической революции происходят существенные изменения методологического аппарата современной науки, коренная ломка устаревших методологических установок и представлений, изменяются направление и стратегия научного поиска. Однако это еще не означает, что научно-техническая революция порождает «плюрализм методологий». Исследование важнейших вопросов методологии научного познания не может обойтись без выяснения коренных вопросов развития науки и практики.

²⁰ На пути к теоретической биологии.— М., 1970, с. 8.

²¹ Девенпорт Р. В. Достоинство человека.— Нью-Йорк, 1960, с. 18.

Только диалектико-материалистическая философия дает ученому ключ к анализу достижений и открытий современной науки, современных теорий, методов и тенденций их развития.

СТРУКТУРА, ФУНКЦИИ И СПЕЦИФИКА НАУЧНОГО ФАКТА В ГЕОЛОГИИ (ЛИТОЛОГИИ)

И. В. НАЗАРОВ, канд. филос. наук

Одной из методологических проблем научного познания является исследование эмпирического базиса науки, на основе которого выдвигаются гипотезы, создаются теоретические представления и которым проверяется их истинность. Этот эмпирический базис науки составляют научные факты.

В нашу задачу входят анализ сложной, противоречивой природы научного факта в геологических науках, выяснение его специфики и зависимости от уровня развития науки. Проблема геологического факта особенно остра в силу следующих обстоятельств. Во-первых, считается, что геологические науки изобилуют фактами, которые пока полностью не осмыслены и не приведены в единую систему. Во-вторых, отстаивание самодовлеющей значимости фактов нередко переходит в своего рода «культ фактов». В известной мере это вызвано тем, что во многих геологических науках недооценивается роль теоретических построений, тем более если эти построения являются гипотезами — вероятностным знанием, не позволяющим делать однозначные выводы. Обилие гипотез, нередко противоречащих друг другу, вызывает недоверие к теоретическому знанию, которое представляется чисто умозрительным. Этому знанию противопоставляется, как более надежное, эмпирическое знание — научные факты. В-третьих, несмотря на обилие фактов и признание их значимости, отсутствуют специальные работы, посвященные анализу научных фактов геологии.

Понятие факта многозначно, по в основном выделяются следующие случаи его употребления¹. В первом случае под фактом понимается то или иное событие, явление действительности. В этом смысле факт означает объективно суще-

¹ См.: Ракитов А. И. Курс лекций по логике науки.— М., 1971, с. 139.

ствующий процесс внешнего мира, включенный в сферу познавательной деятельности субъекта. Во втором случае термин «факт» употребляется в суждении как синоним слов «верно», «истинно», например: «Факт, что каменный уголь имеет органическое происхождение». В третьем случае фактом называется особого рода эмпирическое высказывание, в котором описываются познаваемые события и явления. В дальнейшем мы будем употреблять понятие факта именно в этом смысле.

Функции научного факта многообразны. Одна из них — научное описание объектов. Факты составляют основу формирования и развития теоретических положений, выступают в качестве критерия оценки их истинности. Факты — исходный материал науки, они представляют собой отражение конкретных объектов, познаваемых человеком. Когда утверждается, что практикой проверяется теория, то имеются в виду именно факты, порождаемые этой практикой. «*Практика* — отмечал В. И. Ленин, — *выше (теоретическо-го) познания*, ибо она имеет не только достоинство всеобщности, но и непосредственной действительности»². Непосредственная действительность практики фиксируется в фактах. Чувственное познание, как момент практики, есть необходимое условие получения фактов. Причем факты науки — это не индивидуальные переживания субъекта, его чувственный опыт, а результат объективного отражения предмета природы в сознании человека, включенный в систему научных знаний. Это результат эмпирической познавательной деятельности посредством органов чувств, интерпретированный с помощью предшествующего знания. Непосредственная связь с практикой обеспечивает фактам достоверность. В разных способах получения фактов достигается различная степень достоверности. «Поскольку факты — это концептуализированные представления свойств объективного мира, выявленных экспериментом, — отмечает Э. М. Чудинов, — постольку согласование теории с фактами есть одна из форм ее согласования с самим объективным миром»³.

Иногда признак достоверности включают в определение факта. Но, как показал С. Ф. Мартынович, отношение факта и истинного утверждения более сложно⁴: в практике

² Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 29, с. 195.

³ Чудинов Э. М. Природа научной истины. — М., 1977, с. 128.

⁴ См.: Мартынович С. Ф. Философский анализ научного факта. — Саратов, 1973, с. 14—22.

научного познания «факты» могут оказаться ложными. Он приводит примеры из истории физики, когда ложные «факты» выдавались за истинные по причине неполноты анализа результатов эксперимента или из-за неверного их истолкования. В геологии, в частности, неверное истолкование характера контактов между геологическими образованиями породило ряд ложных «фактов». Точное определение границ геологических объектов осложняется гипотетическим характером знания их сущности и объективными трудностями — лишь частичной обнаженностью этих границ, конвергентностью объектов и т. п. При выявлении ложности истолкования такой «факт» отбрасывается. «Факт науки должен быть истинным, но утверждение, рассматриваемое как факт, не всегда является истинным»⁵, — справедливо отмечает С. Ф. Мартынович. По его мнению, фактом следует считать только объективно истинные утверждения, а ложные утверждения никогда не были научными фактами, хотя и выступали в их роли. Поэтому он определяет факт как истинное и достоверное знание, полученное эмпирическим путем⁶.

Для научного факта характерно наличие ряда свойств, скрывающих его сложную, противоречивую структуру, таких как единство непосредственного и опосредованного, дискретного и непрерывного, единичного и общего, чувственного и рационального, объективного и субъективного, абсолютного и относительного.

Научный факт является видом эмпирического знания, он связан с чувственным познанием, с непосредственным взаимодействием субъекта и объекта. Не существует научных фактов, независимых от познавательной деятельности субъекта. Информация, содержащаяся в факте, имеет чувственное происхождение. В то же время эта информация тесно связана с предшествующим знанием, теоретическими установками, языком, она рационально систематизирована. Мысль идет не от объекта, а от прошлых знаний. Другими словами, факт есть единство непосредственного и опосредованного, объективного и субъективного, чувственного и рационального.

Поскольку факт отражает данный объект с его конкретными свойствами и в фиксированных условиях места и времени, он имеет дискретный характер и выражает еди-

⁵ См.: Мартынович С. Ф. Философский анализ научного факта.— Саратов, 1973, с. 16.

⁶ Там же, с. 22.

пичное, индивидуальное. Но факт всегда элемент системы знания, он включает в себя определенную интерпретацию, обусловлен теоретическими установками и в этом смысле непрерывен, в нем осуществляется преемственность знания и обобщается единичное знание.

Факты абсолютны, ибо отражают действительные, реальные явления, фиксируют «непосредственно данное». Абсолютность факта часто связывают с его истинностью. Но факт и относителен, потому что «непосредственно данное» опосредуется предшествующим опытом исследователя, а также языком, с помощью которого описывается факт. Соотношение абсолютного и относительного по-разному проявляется в фактах в зависимости от того, как они описаны, объяснены, интерпретированы, к какой области знания относятся. Более того, даже в одной и той же области естествознания можно выделить факты различной степени достоверности.

Научный факт имеет сложную структуру. В нем есть некоторый инвариант, сохраняющий достоверность независимо от того, какое теоретическое объяснение дается этому факту. Например, нижнепермские отложения Приуралья имеют преимущественно терригенный характер. Возраст и генезис этих отложений могут уточняться, данные же градиометрического и петрографического анализов сохраняются и используются в различных построениях.

Вторая составляющая научного факта вариативна. На один и тот же инвариант парадигируется различное знание, и в результате возникают различные факты. Теоретическая составляющая факта неодинакова в разных системах знания. В случае, если она основана на достоверном знании, проверенном и подтвержденном практикой, факты представляются достаточно обоснованными. Если же эта переменная составляющая основана на гипотетическом знании, то обоснованность факта может оказаться меньшей. В этом случае факты могут не быть строгими и достоверными. Большое значение теоретической составляющей факта, правильной его интерпретации придавал Ф. Энгельс. «Исключительная эмпирия, позволяющая себе мышление в лучшем случае разве лишь в форме математических вычислений, воображает, будто она оперирует только бесспорными фактами. В действительности же,— подчеркивал Энгельс,— она оперирует преимущественно традиционными представлениями, по большей части устаревшими продуктами мышления своих предшественников... Эта эмпирия уже не в состоянии правильно изображать факты, ибо в изображение их у нее

прокрадывается традиционное толкование этих фактов»⁷.

Связь факта с теоретическими построениями понимается по-разному. Так, часть исследователей полагает, что факты независимы от гипотез и теорий, нейтральны по отношению к ним. Стихийно это мнение разделяют многие геологи, считая факты достоверным эмпирическим знанием, а теоретические положения произвольными, зачастую слабо обоснованными построениями. С их точки зрения, познание должно начинаться с получения фактов, с фиксации данных и только после накопления фактов можно составлять общее представление об объектах. Крайнее выражение такая логика получает у позитивистов, видящих в фактах абсолют верификации, независимый от теории. По мнению же неопозитивистов, протокольные предложения представляют собой фиксацию непосредственных данных наблюдения без каких-либо «внеэмпирических добавлений».

Реальный процесс познания куда более сложен. В научном наблюдении, а тем более в эксперименте, субъект познания не просто фиксирует те или иные свойства изучаемых объектов, но прежде всего выделяет их на основе определенных теоретических установок, гипотез и допущений. Если же эти теоретические установки не осознаются, тогда и утверждается, что объекты выделены «естественным путем», на основании их чувственно воспринимаемых свойств. Но в теоретически развитых науках проблема вычленения объекта относится к числу самых важных методологических проблем.

Как уже сказано, результат наблюдения опосредован предшествующим теоретическим знанием. Это знание имеет мировоззренческие, логические и лингвистические компоненты. Поэтому верно следующее определение научного факта: «Научным фактом называется такой элемент научного знания, смысл и значение которого раскрывается в теоретической интерпретации, допускающей логическое редуцирование к чувственно-практическим формам познания, осуществляемым непосредственно или косвенным путем»⁸.

Зависимость факта от теории определяется также активностью субъекта познания. Эта активность проявляется не только в выборе объекта, но и в организации наблюдений,

⁷ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 455—456.

⁸ Елсуков А. Н. Эмпирическое познание и проблема формирования научного факта.— В кн.: Природа научного познания. Минск, 1979, с. 156.

измерений: факты не просто фиксируют, а сознательно ищут и отбирают на основании прежнего опыта, определенной гипотезы. Гипотеза контролирует и определяет наблюдение, делает его целенаправленным, предписывает деление фактов на существенные и несущественные. Объект природы видится в факте не полностью, не всесторонне, а в свете теоретических установок. Поэтому истинное познание должно начинаться не со сбора фактов и их описания, а с изучения теоретических предпосылок, четко сформулированных или существующих в неразвернутой форме, имплицитно. Факты не лежат на поверхности явлений, их надо извлечь из тех или иных источников в соответствии с задачами проблемной ситуации, установить взаимосвязь между ними. Именно этими задачами определяются поиски необходимых характеристик природных объектов. Подчеркнем еще раз, что природный объект постигается только через призму общих теоретических установок. Эти установки вооружают исследователя системой понятий, вне которых объекты не могут быть выделены и охарактеризованы. Понятия же усваиваются в процессе обучения и овладения теорией. Так, специалист видит в плитах набережной Невы не просто красивый камень, а определенный вид гранита — «рапакиви», который образовался в довольно древнюю эпоху в специфических условиях. Но в процесс наблюдения теоретические установки могут включаться и неявным образом, что создает иллюзию восприятия природного объекта таким, «каков он есть сам по себе».

Систематизация данных единичных наблюдений производится также на базе теоретических предпосылок. Отдельные данные могут содержать случайные элементы, субъективные напластования. Следовательно, необходимы проверка и уточнение, а то и новые эксперименты, изучение аналогичных объектов. В результате обобщения и статистической обработки выявляется инвариантное в однотипных объектах. Переход от данных наблюдения к научному факту означает как статистическую обработку, так и интерпретацию этих данных. Статистическая обработка пивелирует различные случайные элементы данных. Отсюда ясно, почему факт трактуется как эмпирическое высказывание, представляющее собой статистическое резюме непосредственных экспериментальных данных⁹.

Интерпретация данных наблюдения заключается в следующем. Геолог, изучая строение того или иного региона,

⁹ См.: Ракитов А. П. Курс лекций по логике науки, с. 154.

определяет ряд свойств развитых в нём горных пород: их литологический состав, паличие слонстости, остатков флоры и фауны и т. п. Исходя из известных теоретических положений, он интерпретирует эти данные наблюдения в виде высказывания, например о том, что данный регион был в определенную эпоху мелководным бассейном. Это высказывание уже научный факт геологии. Первоначально такое объяснение может иметь гипотетический характер. В дальнейшем оно может быть изменено (иначе может быть определен возраст геологических образований, пересмотрены некоторые теоретические положения), но до той поры оно есть геологический факт. В интерпретации фактического материала четко прослеживается взаимосвязь теории и научных фактов. Собранный материал осознается на основе имеющегося знания, рассматривается как доказательство исходных теоретических установок и включается в систему научного знания.

Исследователи, опирающиеся на разные теоретические установки, видят различные стороны одних и тех же природных объектов и формируют неодинаковые научные факты. Более того, одни и те же факты в связи с новыми гипотезами или теориями могут быть по-новому интерпретированы. На основании группы фактов может быть создано несколько эквивалентных гипотез. Теоретическая составляющая научного факта может быть изменена, в связи с чем факт будет иным, иметь как бы другое содержание. Причем научные факты, не подтверждающие принятых теоретических положений, нередко не учитываются или даже игнорируются.

Теоретические установки могут суживать восприятие специалиста, и он может пройти мимо явления, которое ясно видит другой исследователь. В этом отношении характерен фрагмент из автобиографии Ч. Дарвина: «...Путешествие дало мне разительный пример того, как можно проглядеть даже самые значительные явления, если на них уже не обратил внимания кто-нибудь другой. Мы провели много часов в Кумбрап-Идуоле, самым тщательным образом исследуя все горные породы, так как Седжвику очень хотелось пайти в них остатки ископаемых организмов; однако никто из нас не заметил следов замечательных ледниковых явлений, окружающих нас со всех сторон: мы не заметили ни отчетливых шрамов на скалах, ни нагромождения валунов, ни боковых и конечных морен»¹⁰.

¹⁰ Дарвин Ч. Воспоминания о развитии моего ума и характера. Автобиография.— М., 1957, с. 85.

Верные теоретические установки значительно ускоряют процесс развития науки. Ф. Энгельс неоднократно подчеркивал роль теоретического мышления в познании, отмечая, в частности, что без него «невозможно связать между собой хотя бы два факта или уразуметь существующую между ними связь»¹¹. Академик А. Л. Яншин показал, что отказ от принципа униформизма Ч. Лайеля способствовал прогрессу геологии, распространению представлений об эволюции Земли. Этот отказ позволил объяснить накопленный фактический материал: «Можно сказать, что у геологов самых разных направлений открылись глаза на факты, которые они раньше не замечали или старались обойти»¹².

Наблюдаемое событие должно быть объяснено средствами господствующей концепции реальности. Если же новый факт невозможно вписать в существующие теоретические построения, то здесь необходима новая гипотеза. В то же время один факт или даже группа негативных, аномальных фактов не должны повлечь за собой отказ от прежней гипотезы. Всегда существуют дополнительные условия, гипотезы *ad hoc*, позволяющие нейтрализовать эти факты или переинтерпретировать их. В науке используется целый комплекс способов «охраны» гипотез и теорий от отрицательных опытных данных — ссылки на неточность наблюдений, на несовершенство логической техники обработки данных, побочные обстоятельства и неизвестные явления, а также «переопределение понятий», уточнение предметной области теории и др.¹³

В случае отсутствия новой гипотезы или теории старая гипотеза будет продолжать существовать, несмотря на обилие негативных фактов. Под их влиянием она может модифицироваться, несколько измениться, но сохранит свои основные принципы. Однако накопление аномальных фактов и сомнения ученых в возможности объяснить их все-таки приводят к кризису гипотезы.

Постпозитивисты утверждают также, что факты, опытное знание *полностью зависят* от теоретических предпосылок, что-де усложняет проблему опытной проверки научного знания, обоснования его истинности. Если фактами проверяется теория, а сами факты жестко определяются теорией,

¹¹ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 382.

¹² Яншин А. Л. Развитие геологии и ее современные особенности. — В кн.: Методологические и философские проблемы геологии. Новосибирск, 1979, с. 32.

¹³ См.: Марков Б. В. Проблема эмпирической проверяемости теоретического знания. — Философские науки, 1980, № 6, с. 71—72.

то верификация их невозможна. Кроме того, по мнению постпозитивистов, научные теории, имея разные языки, формируют разные факты, и это ведет к несоизмеримости теорий. Следовательно, отрицая роль фактов в обосновании теории, постпозитивисты приходят к конвенционализму и субъективному идеализму.

В реальном процессе познания необходимо учитывать сложную структуру факта, а значит, и независимость опытных данных от теории, и определенную связь фактов с нею. Факты действительности становятся фактами науки только после их описания. С помощью научного языка формулируются эмпирические высказывания о явлениях действительности. Совокупность этих эмпирических высказываний и составляет научное описание. Язык как средство научного мышления влияет на сущность научных фактов. Применение различных языковых средств для фиксации данных наблюдения приводит к различным результатам даже при описании одного и того же объекта. При создании более строгого научного языка устанавливаются и более строгие факты.

Чтобы эмпирическое знание составляло факт, оно должно удовлетворять ряду критериев¹⁴. Во-первых, истинные факты должны быть воспроизводимыми при заданных условиях. Так, тот или иной стратотип должен быть наблюдаем любым исследователем. Во-вторых, факт должен «позволять» свою проверку различными способами. Например, стратиграфическое положение тех или иных объектов проверяется с помощью палеонтологических данных по разным типам фауны и флоры. В-третьих, подлинные факты могут быть интерпретированы в тектонических, палеогеографических и других построениях.

Специфика объекта науки, уровень ее развития определяют *особенности* научного факта. Это полностью относится и к геологии. Поскольку теоретические построения геологии являются гипотезами, чаще всего генетическими¹⁵, теоретическая составляющая факта редко образует достоверное знание. Этим и объясняется недостаточная обоснованность многих геологических фактов.

Одна из особенностей геологического факта в том, что инвариантная его часть, как правило, есть результат науч-

¹⁴ См.: Герасимов И. Г. Научное исследование.— М., 1972, с. 191—192.

¹⁵ См.: Назаров И. В. Настоящее и будущее (геологический аспект).— В кн.: Философские вопросы геологии, вып. 4. Свердловск, 1974, с. 5.

ного наблюдения. Значительно меньшую роль играют фактические данные, полученные с помощью эксперимента или моделирования. Но только эксперимент позволяет исследователю активно вмешиваться в ход изучаемого процесса, изучать его в «чистом виде», без второстепенных, осложняющих процесс познания обстоятельств. Не всегда в геологическом наблюдении выполняется требование intersубъективности, смысл которого в том, чтобы любой исследователь мог его повторить с одинаковым результатом. Этим может быть достигнут максимум объективности наблюдений. Выработка единых правил наблюдения, фиксации его результатов составляет одну из важных задач методологии геологического исследования. Пока же данные наблюдения порой трудно сопоставимы, и не случайно практикуется совместное изучение опорных разрезов исследователями, которые придерживаются различных точек зрения на образование этих объектов либо изучают разрез разными методами (литологическими, палеогеографическими, минералогическими и др.). Что же касается данных эксперимента, как правило модельного, то перенос его результатов на геологические объекты требует интерпретации, и выводы носят вероятностный характер. Следовательно, инвариантная часть геологического факта относительна.

Другая особенность геологического факта порождается языком. Обилие синонимов и омонимов, многозначность понятий сильно затрудняют четкое фиксирование результатов наблюдения. Таким образом, создание если не формальной, то хотя бы однозначной системы понятий для каждой области геологического знания — это и проблема, и цель теоретиков. Попытки создать такую систему предприняты, например, в работах, посвященных терминологии седиментационной цикличности¹⁶.

Еще одна особенность геологического факта обусловлена следующими обстоятельствами. В последнее время произошло резкое расширение возможностей получения фактов посредством наблюдений из космоса, сверхглубокого бурения, изучения дна океанов, создания высоких температур и давления. Несмотря на преобладающую роль наблюдения, сфера применения эксперимента в геологии расширяется, что позволяет установить достоверную картину образования геологических объектов и в ряде случаев получить количественные характеристики.

¹⁶ См.: Теоретические исследования по терминологии седиментационной цикличности.— Новосибирск, 1978.

Особенностью геологических фактов можно считать и то, что теоретическая их составляющая часто представлена законами смежных наук — физики, химии, биологии. Поскольку сущность геологических объектов на определенном элементарном уровне является физической, химической или биологической, то и законы этих наук используются для объяснения и интерпретации многих геологических процессов.

Соотношение факта и теории в геологии весьма своеобразно. В ней, как правило, теоретические и практические исследования не разделяются. Так, А. В. Сидоренко по этому поводу писал: «В геологии очень сложно, а подчас и невозможно провести грань между научными и практическими исследованиями, ибо творчески организованная геологическая съемка, поисковые работы и разведка месторождения — это такие же исследования, как и „чисто научная“ работа, и в основе своей они ведутся одними и теми же методами»¹⁷. Как верно отмечает В. И. Оноприенко, в геологии нередко пытаются «прямо перейти от наблюдения к созданию теории, без предварительного анализа процедур и приемов, осуществляющих связь между теорией и наблюдениями, между теоретической и практической деятельностью»¹⁸. Но это движение от фактов к теории не простое индуктивное следование, оно осложнено многими обстоятельствами¹⁹.

Что же касается соотношения теории и факта в геологии, то по этому вопросу высказано две точки зрения. Так, В. С. Сурков полагает, что в геологии фактов мало и они являются «предположительными, гипотетичными и требуют дальнейшего изучения... Медленное добывание фактов, их длительное изучение, а главное, их недостаточность — вот основная причина отсутствия строгой теории о закономерностях развития и строения верхней оболочки Земли (литосферы)»²⁰.

Более обоснованным нам представляется мнение об обилии геологических фактов. Нередко теория отстает от фактов, и они не осмысливаются, не объединяются в систему.

¹⁷ Сидоренко А. В. Геология — наука будущего. — М., 1964, с. 7—8.

¹⁸ Оноприенко В. И. Природа геологического исследования. — Киев, 1981, с. 124.

¹⁹ См.: Назаров И. В. Методология геологического исследования. — Новосибирск, 1982, с. 26—35.

²⁰ Сурков В. С. Геологическая наука и проблема внедрения ее достижений в производство. — В кн.: Методологические и философские проблемы геологии. Новосибирск, 1979, с. 308.

В таком случае получение фактов становится самоцелью. Поэтому В. И. Оноприенко и считает, что геологию следует относить не к эмпирическим, а к фактуальным наукам²¹.

Однако если говорить о причинах отсутствия строгих теорий в геологических науках, то они кроются не в недостаточности фактов, а в слабой изученности природных объектов, в отсутствии чувства острой необходимости создания абстрактных теоретических построений, в господстве такого стиля научного мышления, который можно назвать 'гипотетико-генетическим'²².

Геологические факты подразделяются по значимости и достоверности. Так, факты о составе минералов и горных пород, их структуре, определенные с помощью физических и химических методов, обоснованы теорией и установлены строго. В то же время факты о взаимоотношении пластов, составе и генезисе формаций имеют меньшую обоснованность и опираются на эмпирические закономерности.

Итак, геологические факты менее достоверны и обоснованны, чем факты других естественных наук. Повышение степени их достоверности находится в прямой зависимости от уровня развития науки, совершенствования используемых в ней методов.

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ МЕТОДОЛОГИИ ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

П. В. НИКОЛАЕВА, д-р геол.-мин. наук,

Ю. П. КАЗАНСКИЙ, д-р геол.-мин. наук

Ни одна наука, претендующая на статус строгой науки, не может существовать без философской и логико-методологической базы. Совершенная методология — это не только набор предписаний, но и стимул к поиску новых путей достижения истины, стимул к выдвижению гипотез и моделей. «... Если бы форма проявления и сущность вещей непосредственно совпадали, то всякая наука была бы излишня»¹, — подчеркивал К. Маркс. В наше время, когда создаются комплексные, в том числе глобальные, программы, требующие сотрудничества крупных научных коллек-

²¹ См.: Оноприенко В. И. Природа геологического исследования, с. 125.

²² См.: Назаров И. В. Методология геологического исследования, с. 158.

¹ Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 25, ч. II, с. 384.

тивов, особое значение приобретает марксистско-ленинская методология, как подлинно творческая, стимулирующая методология, как универсальный метод познания — диалектический материализм.

Начало становлению методологии литологических исследований было положено на I Всесоюзном литологическом совещании 1951 г. В последующие 30 лет вышло в свет множество работ, посвященных вопросам методологического и логического анализов геологической науки в целом и литологии в частности, в которых само понятие методологии определяется по-разному. Поскольку со многими определениями нельзя согласиться, считаем необходимым дать собственное определение методологии. Итак, методология — это учение о структуре, логической организации, методах и средствах научной деятельности. Методология науки определяет стратегию исследования объекта. Принципиальная роль методологии проявляется в постановке проблем, в определении круга предметов исследования, в методике проверки корректности полученных результатов.

Объект геологии — Земля, т. е. фундаментальный объект, исследование которого позволяет выделить планетарный уровень организации и геологическую форму движения материи и ставит геологию в ряд фундаментальных наук. Объект литологии — осадочные породы. Это элемент объекта геологии. Цель его изучения — познание закономерностей развития Земли, развития осадочного процесса. Любая наука имеет также предмет исследования, который меняется по мере развития науки (табл. 1). Так, предметное содержание литологии непрерывно развивается и в настоящее время включает в себя классификацию пород и породных ассоциаций, а также определение условий их образования и вторичного преобразования на новом уровне знаний о глобальных закономерностях осадочного процесса.

В связи с глобальностью этих проблем чрезвычайно важно привлечь внимание литологов к выявлению взаимосвязи осадочного породообразования с магматическим, метаморфическим и гидротермальным процессами, что потребует разработки методики и методологии таких исследований, в частности единой классификации горных пород (см. статью А. Ф. Белоусова в настоящем сборнике).

Необходимо создать минералого-химическую и усовершенствовать структурно-минералогическую классификации осадочных пород, не допуская подмены диагностических признаков генетическими. Общая структура генетической классификации осадочных пород не вызывает возражений,

Этапность и результаты исследования

Этап	Объект исследования—		
	Предмет	Метод	Задача
I	Минералы Агрегаты Компоненты: аллохтонные (терригенные) автохтонные биогенные хемогенные	Прямой	Выявление типов осадочного процесса, пространственных закономерностей, причинных связей
II	Палеоповерхности Земли	Сравнительно-исторический	Установление сходства и различия типов осадочного процесса и пространственной их локализации во времени, главных причин и факторов
III	Осадочная оболочка Земли	Корреляционный	Познание основных закономерностей развития Земли

однако во многих случаях создать генетическую классификацию весьма сложно, что обусловлено как конвергентностью типов пород, так и недостаточностью знаний об общих закономерностях осадочного процесса.

Уровень развития любой науки определяется состоянием ее понятийной базы. Так, на необходимость совершенствования понятийной базы литологии указывают ведущие литологи мира. Процесс исследования объекта направлен на все большее проникновение в его сущность. По мере выявления сущности объекта обогащается и его понятие, которое все более конкретизируется, поскольку «абстрактной истины нет, истина всегда конкретна»². Конкретное же «потому конкретно, что оно есть синтез многих определений, следовательно, единство многообразного»³. Таким образом, анализ понятий и их уточнение совершенно необходимы для развития науки⁴. Наряду с содержательным определе-

² Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 42, с. 290.

³ Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 12, с. 727.

⁴ См.: Кедров Б. М. Методологические проблемы естествознания (о теоретическом синтезе в современной науке).— В кн.: Диалектика и современное естествознание. М., 1970.

осадочного процесса Земли

осадочная порода

Результаты	
прямые	косвенные
<p>Выявление закономерностей терригенной, биогенной, хемогенной дифференциации и интеграции вещества, типов седиментации и литогенеза</p> <p>Установление направленности и периодичности в изменении основных типов осадочного процесса</p>	<p>Тектонический режим, палеоландшафты, магматическая деятельность</p> <p>Типизация палеоландшафтов, тектонического режима, магматической деятельности</p>

пнем понятия важно вывести определение операциональное, которое предписывает процедуру выявления объекта и его сущности. Выявленная сущность объектов становится содержанием теории. Например, генетическая трактовка сопереждений пород, фациально-палеогеографическая интерпретация породных ассоциаций и т. п. направлены на создание теории формационного и фациального анализа.

Сущность многих явлений в литологии остается нераскрытой, и они характеризуются по чисто внешним эмпирическим признакам. Так, до конца не распознанной остается сущность такого явления, как слой, и его определение ограничивается формальной морфологической характеристикой. Неопределенность этого фундаментального понятия литологии влечет за собой просчеты на первом этапе литологических исследований (наблюдения, описания разреза), а также корреляции отложений, столь важных для крупномасштабной съемки. Не случайно описания разрезов отложений, выполненные разными исследователями, зачастую не совпадают, и сегодня нет единого критерия оценки их совпадения. Очевидно, что задачу литолога должно составлять не формальное послыжное описание разреза, а исследование

закономерностей напластования пород. Требование именно так производить изучение пород было сформулировано более 100 лет назад Головкинским, Иностранцевым, Вальтером, но до сих пор не сделалось первейшей обязанностью литолога. Выявление сущности процесса слоеобразования важно и для теории осадочного процесса в целом (см. статью С. И. Романовского в настоящем сборнике).

Немногим лучше (а может быть, и не лучше) обстоит дело с такими фундаментальными понятиями, как фации и формации, генетические типы отложений, стадии преобразования и др.

Существуют три группы генетических определений понятий фации: 1) фация как тип осадочной породы, возникшей в определенных физико-географических условиях (Хаин, Рухин, Маркевич, Крашенинников и др.); 2) фация как совокупность первичных признаков пород, по которым могут быть установлены условия образования осадков (Вальтер, Грессли, Мазарович, Усов, Жемчужников, Хаин, Рухин, Белоусов, Косыгин и др.); 3) фация как обстановка осадконакопления, выводимая на основе литологических, палеонтологических, геохимических и других признаков. Известно также множество генетических и формальных определений понятий формации, генетических типов отложений и т. п.

Генезис геологического объекта, как правило, оказывается сложным, многоплановым, познавать его необходимо с разных сторон и на разных уровнях. Изучение генезиса необходимо для выяснения закономерностей явлений и процессов их сущности. Познание идет «от сосуществования к каузальности и от одной формы связи и взаимозависимости к другой, более глубокой, более общей»⁵. Раскрыть смысл явления или процесса — это значит выявить причины, их порождающие, и «действительное познание причины есть углубление познания от внешности явлений к субстанции»⁶. Геология является наукой исторической и генетической, выявление причинных связей является для нее определяющим⁷. Структурный подход служит предпосылкой генетического. «Генетический подход в соединении со структурным, — пишет Б. М. Кедров, — придает всякой науке необходимую ей законченность, преодолевает неизбеж-

⁵ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 29, с. 203.

⁶ Там же, с. 142—143.

⁷ См.: Вассоевич П. Б., Бергер Г. М. О признании генезиса геологических объектов. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1973, № 11.

пую статическую ограниченность ее концепций, возникающих на базе одностороннего структурного подхода»⁸. Для развитого знания характерно соединение структурного подхода с генетическим⁹. Отрицание важности генетического подхода означает недооценку роли теории, роли абстрактного мышления в практической деятельности и в конечном счете ведет к позитивизму, на что справедливо указывали крупнейшие специалисты в области литологии.

В формационном анализе по сравнению с фациальным еще преобладает чисто эмпирический подход не только при выделении объектов — формаций, но и при изучении закономерностей их строения на основе ассоциаций пород. Выделение формаций на парагенетической основе и анализ их мощностей были положены в основу глобальных тектонических реконструкций¹⁰, что было вполне методологически оправданным. Совсем иной стала задача формационного анализа на современном этапе, когда объекты — формации — выделены и тектоническая позиция их определена. Теперь цель литологии — изучение закономерностей состава и строения формаций. При таком подходе формальный анализ ассоциаций пород без генетического становится самоцелью и новых выводов дать не может. На неудовлетворительность методологического подхода к выделению формаций на основе ассоциаций пород еще в 1966 г. обратил внимание Н. Б. Вассоевич.

В самом деле, говоря о «закономерных сочетаниях пород в парагенезы, парагенезы парагенезов и т. д.», сторонники парагенетического направления не называют критерии их «закономерности». Они считают, что ассоциации пород обособлены самой природой, а значит, исследователю необходимо лишь найти естественные границы этих ассоциаций. Однако «отношения каждой вещи (явления etc.) не только многообразны, но всеобщи, универсальны. Каждая вещь (явление, процесс etc.) связана с *каждой*»¹¹. Как учил Гегель, цель научного исследования — «двигаться вперед к все более точному пониманию *внутренней* гармонии и *закономерности природы*»¹². Следовательно, «есте-

⁸ Кедров Б. М. О геологической форме движения в связи с другими его формами.— В кн.: Взаимодействие наук при изучении Земли. М., 1964, с. 129—151.

⁹ Дюфур М. С. Методологические и теоретические основы фациального и формационного анализа.— Л., 1981.

¹⁰ Тектоника Евразии.— М., 1966.

¹¹ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 29, с. 203.

¹² Цит. по: Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 29, с. 142.

ственность» выделения объекта означает лишь то, что границы должны проводиться не произвольно, а на основе объективных критериев.

Сторонники парагенетического подхода считают, что генетические выводы должны быть только результатом исследования, однако подлинно диалектическое выделение и системное представление объектов не могут не основываться на гипотезах. Действительно, «игнорируя активную роль субъекта в процессе познания, ученые-эмпирики легко склоняются к позитивизму, который ограничивает познание накопленных опытных данных, принижает роль теории, абстрактного мышления»¹³.

При формальном парагенетическом подходе оказалось возможным отложения, считавшиеся ранее свитой или серией, именовать формациями. На самом деле анализ сонахождения пород, включающий петрографию, парагенезы (сопроисхождение) и ритмическое сочетание пород в разрезе, является действенным методом изучения генетической сущности осадочных отложений, и первым на это обратил внимание Н. П. Херасков¹⁴. Этот метод должен быть взят литологами на вооружение при изучении строения разрезов уже в полевых условиях.

Не имея возможности специально обсуждать методику полевых исследований, можем сказать, что она максимально ограничивает субъективизм и позволяет контролировать корректность описания разреза (чего не добиться, если применять другие методики), существенно уточнить характер процессов, выявлять палеогеографические и тектонические закономерности осадкообразования, а также вторичного преобразования отложений.

Современная наука характеризуется, с одной стороны, дифференциацией, а с другой — интеграцией знаний, что требует от специалистов системного подхода. Не затрагивая проблему в целом, мы коснемся лишь аспекта постановки комплексных литологических задач. Важнейшим требованием системного анализа является целенаправленность исследования, т. е. выделение из всей совокупности связей объекта лишь самых существенных. Конечно, необходимо помнить при этом, что такое выделение относительно и в других условиях может стать тормозом познания.

¹³ Дюфур М. С. Методологические и теоретические основы..., с. 92.

¹⁴ См.: Херасков Н. П. Предисловие к кн.: Шатский Н. С. Избр. труды, т. III.— М., 1965.

Целевому подходу нередко противопоставляется комплексный подход, при котором стремятся выявить все характеристики объекта, что зачастую ведет к эклектике. В. И. Ленин подчеркивал, что стремление «внести в общее понятие все частные признаки единичных явлений, или, наоборот „избегнуть столкновения с крайним разнообразием явлений“, — попытка, свидетельствующая просто об элементарном непонимании того, что такое наука»¹⁵.

Комплексная задача — значит многоцелевая задача, в которой каждая цель должна быть строго определена в рамках специализированных признаков. Многоцелевые исследования направлены на выявление множества признаков и границ объектов, которые всегда имеют относительный характер. И правильно понять соотношение относительного и абсолютного позволяет только материалистическая диалектика. «...Отличие субъективизма (скептицизма и софистики etc.) от диалектики, — отмечал В. И. Ленин, — между прочим, то, что в (объективной) диалектике относительно (релятивно) и развитие между релятивным и абсолютным. Для объективной диалектики в релятивном *есть* абсолютное. Для субъективизма и софистики релятивное только релятивно и исключает абсолютное»¹⁶. Признание равноценности разных способов расчленения и изучения объектов должно быть методологической нормой. Например, признание самостоятельности литологических, палеонтологических и хронологических границ геологических объектов подразумевает их относительность и несовпадение. Но акцентирование естественной выделенности объекта, абсолютизация его границ без указания специфики признаков и их отношений неизбежно ведут к догматизму¹⁷.

Важным требованием системного анализа признается выявление эмергентного свойства, определяющего качественную специфику системы. В литературе нет устоявшегося определения эмергентного свойства. Считается, например, что оно есть свойство целого, несводимое к сумме свойств элементов, составляющих систему¹⁸, что эмергентные свойства — «это свойства целого, никаким анализом невыводимые из свойств частей»¹⁹. Эти два определения методологически неравнозначны, и последнее, как нам представ-

¹⁵ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 5, с. 142.

¹⁶ Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 29, с. 317.

¹⁷ См.: Дюфур М. С. Методологические и теоретические основы...

¹⁸ Там же.

¹⁹ Шарапов И. П. Логический анализ некоторых проблем геологии. — М., 1977, с. 3.

Методы изучения осадочных отложений

Методы		Класс подлежащих изучению предметов
Общенаучные	Конкретно-научные	
Системный, математические	<p><i>Прямые:</i></p> <p>минералогический петрографический палеонтологический геологического картирования физико-химический и др.</p>	Индивиды геологического объекта: минерал порода формація и т. п.
	<p><i>Сравнительно-исторические:</i></p> <p>актуалистический экспериментальный сравнительно-литологический сравнительно-палеонтологический сравнительно-тектонический и др.</p>	Типы геологических объектов
	<p><i>Корреляционные</i></p> <p>Историко-геологический</p>	Земля в целом

ляется, лишено смысла, так как невозможность никакими средствами установить общее свойство системы из ее компонентов доказывает отсутствие системы как таковой. В геологическом плане определение И. П. Шарапова ведет к агностицизму. Если учесть, что в науках о Земле общие свойства объектов выявляются, как правило, через отдельные компоненты, то с позиций И. П. Шарапова и всю геологию можно считать совершенно бессмысленным занятием. Выявить свойства целого изучением свойств компонентов позволяют корреляционные методы, которые играют исключительно важную роль в решении многоцелевых геологических, и в частности литологических, задач.

Литологическое исследование с необходимостью должно быть историческим. Различают три категории методов литологических исследований (табл. 2): прямые, сравнительные и корреляционные²⁰. Прямые методы используются при

²⁰ См. Леонов Г. П. Историзм и актуализм в геологии.— Вестн. МГУ. Сер. геол., 1970, № 3.

изучении тех или иных свойств (признаков) объектов при непосредственном наблюдении. Большинство из них применяется как в естественных, так и в точных науках. Эти методы служат для выявления размеров, формы, структуры и состава объекта. Сравнительными и корреляционными методами изучается предмет исследований — осадочный процесс. Можно считать, что исследование проходит в два этапа. На первом этапе решается проблема геологического времени, что в итоге позволяет составить хронологическую летопись явлений геологической истории Земли. На втором этапе производятся сопоставление и типизация геологических процессов, выявляются общие причины и закономерности геологических явлений в пространстве и во времени. Именно на этом этапе основную роль играют сравнительные и корреляционные методы.

К сравнительным относится прежде всего актуалистический метод, зародившийся благодаря работам Ч. Лайеля более ста лет назад. В литологической науке в настоящее время он оценивается как частный метод, так как предусматривает поиск признаков современной седиментации в древних отложениях и не учитывает возможности существования в прошлом условий (и их признаков), отличных от современных. Этот недостаток устраняется в сравнительно-литологическом методе, который, в трактовке Н. М. Страхова, есть «способ решения генетических вопросов путем органической увязки данных по современному осадконакопленению и по древним породам с выделением сходств и различий современного и древнего»²¹.

Развитием сравнительно-литологического метода может быть вычленение из него методов изучения стадий формирования осадочной породы: сравнительно-седиментационного (который может сочетаться с методом актуализма) и сравнительно-стадиального (применение которого в сочетании с методом актуализма весьма проблематично, а подчас и невозможно). Для седиментационной стадии важны такие показатели, как свойства среды осадконакопления (атмосферы, гидросферы), источников осадочного материала и т. п. Постседиментационный этап гораздо менее изучен. В частности, мало исследованы факторы преобразования пород (эволюция поровых и грунтовых вод в геологической истории и т. п.). Во многих работах стадиальный анализ проводится в отрыве от фацциально-палеогеографического, что

²¹ Страхов Н. М. Метод сравнительно-литологический.— Геологический словарь, т. 1. М., 1973, с. 454.

методологически неверно и влечет за собой неопределенность выводов. Выявление сходства и различия современной и древней седиментации и эволюции осадочного процесса составляет одну из важнейших методологических проблем современной литологии. Надежность выявления сходства и различия в общем виде проверяется достоверностью сведений, их доказательностью, глубиной теоретического обобщения.

В дополнение к сравнительно-историческим методам, в частности к сравнительно-литологическому, Н. М. Страхов предлагает применять историко-геологический метод, синтезирующий данные сравнительно-исторических методов в единую геологическую историю Земли, выявляющий закономерные связи между различными геологическими явлениями и процессами (движениями земной коры, развитием жизни, внутренней жизнью планеты, процессами осадконакопления и т. п.) в хронологической последовательности²².

В ряду литологических методик особое место занимает эксперимент. Его достоинство заключается в возможности воспроизвести физические или химические процессы, изолированные от сопутствующих явлений. Кроме того, в эксперименте можно наблюдать динамику процесса и его стадии. Наиболее близко к природным явлениям воспроизводятся физические процессы, отражающие законы перемещения терригенных компонентов (это рассмотрено в статье С. И. Романовского (см. ниже)). Химические реакции в эксперименте могут быть проведены в пределах тех параметров, которые предполагаются той или иной концепцией. Экспериментами такого рода уже исследовались процессы выветривания, карбонатообразования и солепакопления. Они показали возможности иных процессов, которые не наблюдаются в современных природных условиях. (Вопросы использования математического аппарата в литологических исследованиях будут рассмотрены, например в статье А. А. Дроздовской в настоящем сборнике.) Применение ЭВМ показало возможность не только решения частных вопросов (корреляция и пр.), но и составления моделей глобальных процессов (геодинамических, развития верхних геосфер Земли, выветривания, карбонатакопления и т. д.).

²² Страхов Н. М. Основы исторической геологии, ч. 1—2.— М.— Л., 1948; Он же. К вопросу об общей теории осадочного процесса.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1950, № 4; Он же. О путях построения литологической теории.— В кн.: К вопросу о состоянии науки об осадочных породах. М., 1951.

Говоря о методах геологической науки, нельзя не отметить следующую закономерность: по мере увеличения и усложнения объекта возрастают количество и сложность методов исследования. Так, для изучения элементарных объектов Земли — минералов достаточно прямых методов; для изучения пород, фаций и формаций необходимо взаимодействие прямых и сравнительно-исторических методов; для изучения Земли в целом используется весь арсенал существующих методов (см. табл. 1), включая наиболее сложный из них — корреляционный.

Наконец, рассмотрим этапность исследования общих закономерностей осадочного процесса (см. табл. 1). Очевидно, что в настоящее время литология находится на I—II этапах своего развития, которые характеризуются стремлением совместить типы литогенеза с типами палеоландшафтов и тектонических структур. С позиций методологии эта комплексная задача требует гораздо большей самостоятельности литологии, задачи которой можно определить как выявление закономерностей дифференциации и интеграции вещества в осадочном процессе. Однако необходимо отметить, что общая схема дифференциации и интеграции вещества может быть выявлена только на III этапе исследований. В полном объеме эта задача не решена ни для одного временного интервала. Получение таких данных возможно лишь при построении карт на строгой литологической основе.

Таким образом, из всего сказанного можно сделать следующие выводы.

1. Необходимо совершенствовать методологию постановки и исследования литологических проблем: разработки логической структуры, выбора методов и оценки истинности результатов исследования.

2. Понятийная база литологии требует дальнейшего совершенствования. Необходимо сосредоточить внимание на выявлении сущности основных литологических явлений. От формального послынного описания разреза необходимо перейти к изучению — уже в полевых условиях — закономерностей напластования осадочных породных тел. Это особенно важно в связи с организацией крупномасштабной геологической съемки.

3. Необходимо и далее развивать во взаимодействии структурное и теоретическое направления исследований, на базе которых, внедрять многоцелевые литологические программы и литологическое картирование как этапы совершенствования теории осадочного процесса. Необходимо также интенсифицировать выявление закономерностей диф-

фференциации и интеграции вещества в осадочном процессе в пространстве и эволюции осадочного процесса во времени.

РОЛЬ ЛИТОЛОГИИ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ГЕОЛОГИИ

В. К. ПРОШЛЯКОВ, д-р геол.-мин. наук,

Т. И. ГАЛЪЯНОВА, канд. геол.-мин. наук,

Ю. Г. ПИМЕНОВ, канд. геол.-мин. наук

Нефть, газ, газоконденсат в настоящее время извлекают из горных пород различного генезиса — магматических, метаморфических, осадочных, но их главным месторождением, бесспорно, являются осадочные породы. По оценке ученых, на эти породы приходится 98—99% мировой добычи углеводородов. Предпосылки образования и формирования скоплений нефти и газа закладывались еще на стадии развития осадочных бассейнов.

Придерживаясь органической теории происхождения углеводородов, мы считаем, что существуют нефтематеринские толщи пород, породы-коллекторы и породы-экраны. Далеко не все осадочные породы относятся к какой-либо из перечисленных категорий, поэтому для нефтяников необходимо умение по внешним признакам и аналитическим данным выделить среди общей массы пород те, которые представляют профессиональный интерес, и оценить их с качественной и количественной стороны. Специалисты решают эти задачи, зачастую не располагая достаточной информацией и квалификацией и не владея методологическими основами исследования. Методология литологических исследований в нефтегазовой геологии должна быть не только орудием научного познания, но и средством решения практических задач. Однако приходится констатировать, что литология в нефтяном и газовом деле в настоящее время играет второстепенную роль, хотя 20—30 лет назад ее роль была гораздо более значительной. К тому времени были открыты крупные нефтегазопосные бассейны, такие как Западная Сибирь, Средняя Азия, Украина. Основными считались антиклинальные структуры, методика поисков которых геофизическими методами, главным образом сейсмическими, была теоретически обоснована и практически отработана. Антиклинальные структуры были достаточно велики, поэтому эффективность поисково-разведочных работ была высокой. В связи с этим отраслевые министерства не были заинтересованы в развитии прикладной нефтегазовой

литологии. Это отношение к литологии передавалось и подчиненным им научно-исследовательским институтам и лабораториям.

Но все-таки и в это время литология постепенно развивалась. Поиски, разведка и разработка нефтяных и газовых месторождений, необходимость подсчета запасов углеводородов заставляли извлекать и анализировать значительное количество керпа. Накопился огромный фактический материал в широком диапазоне глубин — от поверхности до 7—8 км, который необходимо теперь самым тщательным образом переработать и обобщить.

К настоящему времени, по мере разбуривания все новых антиклинальных структур, возможности открытия залежей нефти и газа постепенно уменьшаются. На небольших и умеренных глубинах на континентах мало вероятно открытие крупных скоплений нефти и газа в классических ловушках антиклинального типа, поскольку все они в основном открыты и даже использованы. В связи с этим ищутся новые объекты и способы поисков и разведки нефтяных и газовых месторождений, разрабатываются методы эффективного повышения нефтегазоотдачи пластов.

Основные надежды на прирост запасов углеводородов сейчас связывают с большими глубинами, областями шельфа и ловушками неантиклинального (литологического и стратиграфического) типа. Если при поисковых работах на шельфе используются ранее разработанные и ныне совершенствующиеся методы поисков в сочетании с широкими геофизическими исследованиями, то при поисках скоплений углеводородов на больших глубинах в неантиклинальных ловушках этого уже недостаточно. Требуется комплексное изучение пород: литологическое, геофизическое и геохимическое. Литологические работы становятся необходимыми. Не случайно в решении Всесоюзной научной конференции «Методика поисков стратиграфических и литологических залежей нефти и газа», состоявшейся 25—27 мая 1983 г. в Баку, было, в частности, отмечено как негативное явление то, что в последние годы свертываются стратиграфические и литологические исследования.

Физические свойства пород различного литологического состава с глубиной сближаются, и поэтому общезвестные сейсмические, электрометрические и другие геофизические методы прогноза на больших глубинах оказываются малоэффективными. Необходимо изучение литологического и химического составов, физических свойств пород, залегающих на больших глубинах, для выявления корреляционных свя-

зей их с геофизическими параметрами. Учитывая, что термобарические условия и геохимическая обстановка в каждом конкретном регионе изменяются с глубиной неодинаково, надо полагать, что степень преобразованности первоначально однотипных пород, даже на одинаковых глубинах, может быть различной. По отдельным регионам такое допущение нашло практическое подтверждение. Из этого следует, что физические, и в частности коллекторские, свойства пород также изменяются неодинаково. На больших глубинах (свыше 3,5—4 км) на стадии катагенеза в породах развивается трещиноватость. Подавляющая часть трещин возникает вследствие разрядки тектонических напряжений и в меньшей мере — в результате естественного гидроразрыва. Раскрытость большинства трещин, по которым осуществляется фильтрация флюидов, весьма незначительна — доли миллиметра.

При оценке коллекторских свойств пород на больших глубинах необходимо помнить, что вторичные поры и фильтрующие каналы непостоянны по своей величине. Со временем вторичная пористость под действием тех же факторов, которые действуют и на первичную, изменяется, а зияющие трещины могут механически сомкнуться или заполниться минеральными новообразованиями, что довольно часто наблюдается при изучении кернового материала. Все это — область деятельности литологов, в результате которой должно быть составлено заключение о перспективах развития природных резервуаров на больших глубинах.

Значительный объем литологической информации о старых нефтяных и газовых районах (Волго-Уральская нефтегазопосная провинция, Апшеронский п-ов, Северное Предкавказье и др.) должен быть использован для разработки эффективных методик поисков неантиклинальных (литологических и стратиграфических) ловушек нефти и газа. Эффективное решение этой задачи возможно только при самой активной деятельности специалистов, владеющих литологическими знаниями. Надо полагать, что работы по обобщению уже имеющихся аналитических и описательных данных будут экономически оправданы.

Методология нефтегазовой геологии начинается с таких элементарных определений, как название пород. Правильное определение и название породы — залог взаимопонимания специалистов. Знание литологического состава пород, слагающих осадочные толщи, размеров геологических тел в комплексе с геохимическими данными позволяет оценить осадочные бассейны с точки зрения их потенциальной неф-

тегазоносности. Подтверждением сказанного может служить геологическое заключение по Прикаспийской впадине, где на основании литологических и битуминологических исследований перспективы нефтегазоносности подсолевых отложений были высоко оценены еще 15 лет назад, т. е. до открытия первых месторождений.

В пределах осадочных бассейнов с помощью литологических построений, в частности литолого-фациальных карт и карт равных значений градулометрических коэффициентов, можно определить направление изменения состава пород по площади и выделить перспективные в отношении нефтегазоносности области. Такие карты, построенные литологами МИНХ и ГП им. И. М. Губкина в конце 50-х гг. для нижнемеловых отложений Северного Предкавказья, позволили наметить области первоочередных поисковых работ и открыть ряд месторождений нефти.

Нельзя переоценивать значение литологических исследований для поисков литологических и стратиграфических ловушек нефти и газа. Как известно, в нефтегазоносных районах с высокой степенью изученности весьма перспективны литологические и стратиграфические ловушки. В США, например, в последнее десятилетие от 24 до 46% ежегодных приростов запаса углеводородов приходится на месторождения с такими типами ловушек. Есть основание считать, что и в СССР такие ловушки имеют широкое распространение. Так, на Северном Кавказе открыты Ачикулакское и Лесное месторождения нефти в альбских песчаниках.

На Ямале открыто Новопортовское месторождение, где также имеется залежь газа и нефти в ловушке литологического типа. Известны такие ловушки в Прикаспийской впадине, Западной и Восточной Сибири и других районах, однако они составляют лишь незначительную часть (до 5%) от антиклинальных. В прошлом это объяснялось тем, что у нас не было острой необходимости переключаться на поиски других типов залежей. Сейчас это обусловлено отсутствием опыта работы и острой нехваткой квалифицированных литологов, без участия которых невозможно эффективное проведение поиска. Литологи МИНХ и ГП начали проводить такие работы в пределах Прикаспийской впадины. Предложен первый вариант методики, выделены зоны и районы развития ловушек литологического и стратиграфического типов в Южно-Эмбенской нефтеносной области. Это предложение принято к внедрению. Сейчас во всей полноте вырисовывается необходимость широкого развертывания

таких работ в старых нефтедобывающих районах, где промышленные запасы подходят к концу (Урало-Волижская провинция, Северный Кавказ, Апшерон и др.).

Поистине неценимы литологические исследования при оценке пород-коллекторов, выявлении областей их распространения, особенно в условиях больших глубин (Прикаспийская впадина, ДДВ и др.) и сложного строения (баженовская свита и др.). В последние годы литологами установлен целый ряд зависимостей коллекторских параметров от литологических коэффициентов, содержания и состава обломочной и цементирующей частей, степени катагенетической преобразованности, механического уплотнения, глубины залегания осадочных пород. С помощью литологических исследований была предсказана возможность развития на больших глубинах коллекторов удовлетворительного и даже высокого качества, что было подтверждено материалами последующего глубокого и сверхглубокого бурения.

В МИНХ и ГП им. И. М. Губкина совместно с Межведомственным литологическим комитетом были проведены три Всесоюзные конференции (1975, 1979, 1983 гг.), посвященные исследованию коллекторов нефти и газа на больших глубинах, на которых всесторонне рассмотрено влияние литологических особенностей пород на коллекторские свойства. По итогам работы конференций были выработаны предложения и рекомендации для предприятий нефтяной и газовой промышленности и научных организаций, имевшие целью повысить эффективность научно-исследовательских и поисково-разведочных работ на нефть и газ; были также изданы труды этих конференций. Государственный комитет СССР по науке и технике поручил МИНХ и ГП им. И. М. Губкина возглавить работы по этой проблеме, имеющей важное теоретическое и первостепенное пароднохозяйственное значение.

В области литологических исследований пород-коллекторов, залегающих на больших глубинах, советские литологи-нефтяники стоят на передовых рубежах. Но тем не менее эти исследования надо расширять и углублять, чтобы еще более укрепить теоретическую базу учения о породах-коллекторах и обеспечить поисково-разведочные работы на нефть и газ во всех районах страны надежной информацией о пространственном положении, типах и качестве пород-коллекторов.

Важную роль может сыграть литология в разработке уже открытых месторождений. Известно, что продуктивность скважин, эксплуатирующих один и тот же пласт, неодина-

кова. Это обусловлено причинами технического характера, но также и литологическими, в частности литологической неоднородностью пласта-коллектора (так, на Ромашкинском месторождении дебиты нефти колебались в значительных размерах). Однако изучению неоднородности пород-коллекторов литологи пока уделяют очень мало внимания. Положительные перемены здесь могут вызвать литологические построения — литологические колонки и особенно литологические профили через месторождение. К сожалению, в подавляющем большинстве случаев дело ограничивается составлением схем корреляции по геофизическим данным.

Детальные литологические исследования пород-коллекторов могли бы способствовать повышению нефтеотдачи. Так, необходимо изучать водонасыщенность пород. Чем она выше, тем ниже нефтяная продуктивность пласта. Вместе с тем известно, что водонасыщенность в значительной мере определяется степенью дисперсности, адсорбционной способностью частиц, а также их гидрофобностью или гидрофильностью.

Большую помощь геологам могут оказать литологи при анализе материалов бурения скважин, при выяснении влияния техногенных факторов на петрофизические свойства пород. Так, при бурении Аралсорской скважины с глубины около 5 км стали поднимать песок. Буровики и геологи решили, что вскрыт пласт рыхлого песчаника. Однако тщательное петрографическое изучение материала показало, что этот «песок» попросту примесь к бариту, использованному для утяжеления бурового раствора, а никаких песчаников в этом интервале глубин нет. Или еще пример: на молодом, но уже широко известном газоконденсатном месторождении Карачаганак, в Прикаспийской впадине, запасы, подсчитанные по коллекторским свойствам продуктивных известняков, оказались неоправданно заниженными. Детальные литологические исследования показали, что поровое пространство известняков в значительной мере заполнено продуктами разрушения пород, образующимися в процессе бурения, и обломками барита, поступившего из бурового раствора. Это дало основание более оптимистично оценить запасы месторождения.

Следует заметить, что научно-исследовательские лаборатории при организациях нефтяной и газовой промышленности и в системе Мингео СССР занимаются почти исключительно определительскими работами (описание породы, гранулометрический и химический анализы, микроскопиче-

ские исследования и некоторые другие). Кстати, слабо внедряются в практику новые методы изучения коллекторских свойств пород, в частности пропитывание образцов люминофорами с последующим просмотром в ультрафиолетовом свете, определение дефектности пород с помощью ультразвука, рентгенография. Заслуживает внимания метод изучения распределения нефти в породе с помощью растровой электронной микроскопии, разработанный В. А. Кузьминым (МИНХ и ГП). Обобщением полученных литологических материалов на производстве практически никто не занимается. В отраслевых научно-исследовательских институтах литологические исследования в большинстве своем имеют подчиненное значение, что, видимо, также вызывается дефицитом высококвалифицированных литологических кадров.

Совершенно не случайно выразили свою неудовлетворенность ходом подготовки литологических кадров, направив письма в Минвуз СССР, вице-президент АН СССР академик А. В. Сидоренко (1981 г.), вице-президент АН БССР академик А. С. Махнач (1982 г.) и некоторые другие ученые нашей страны. Сейчас значение литологии в нефтегазовой геологии начинают признавать и в отраслевых министерствах. Министр геологии Е. А. Козловский обратился в Минвуз СССР с просьбой открыть специальность «Нефтегазовая литология» в Московском институте нефтехимической и газовой промышленности им. И. М. Губкина. Решение по этому вопросу вынесено, и мы ожидаем, что в недалеком будущем будем готовить инженеров-литологов.

Итак, возможности литологии в деле повышения эффективности поисков, разведки и разработки месторождений углеводородов огромны. Необходимо расширять и углублять литологические исследования в научных и производственных организациях, а также планомерно готовить специалистов-литологов в институтах и техникумах и совершенствовать литологическую подготовку геологов.

БИОГЕННЫЙ ФАКТОР В ОСАДКОАККОПЛЕНИИ

П. Т. ЖУРАВЛЕВА, д-р геол.-мин. наук

Литосфера Земли — уникальное явление в планетологии¹, обусловленное активным воздействием на нее биогенного фактора — через осадок и в меньшей степени через породу. Вероятно, можно говорить о присутствии литосфе-

¹ См.: Книг Э. Космическая геология. Введение.— М., 1979.

ры и на некоторых других планетах Солнечной системы², но литосфера, выступающая в определенные моменты как неразрывное целое с биосом, единственна и присуща только нашей планете. Роль биогенного компонента в геологической истории Земли не была постоянной, будучи подверженной как количественным, так и качественным изменениям.

Основополагающую роль в изучении проблем взаимодействия системы «биос — осадок» сыграли труды В. И. Вернадского³, который предложил понятие биокосного тела.

Н. М. Страхов, А. П. Лисицын, Ю. П. Казанский⁴ и многие другие советские и зарубежные ученые неоднократно обращались к определению роли биогенного фактора в процессах осадконакопления, особенно в современном Мировом океане. Огромные успехи на этом пути были достигнуты с началом использования количественных методов в литологии.

Помимо седиментологов и специалистов в области морской геологии названной проблемой при изучении современных осадков моря и суши, образующихся при участии биоса, занимаются также биологи широкого профиля, гидробиологи, почвоведы, экологи. При исследовании осадков древних морей и континентов (и различных типов осадочных пород, как производных этих осадков) изучению роли организмов в осадконакоплении немало внимания уделяют специалисты в области теоретической геологии, литологии, палеоптологии, палеоэкологии. С позиции палеоптологии и палеоэкологии и дается ревизия материала по рассматриваемой проблеме.

Систему «биос — осадок» можно исследовать одномоментно как для современного временного среза, так и для лю-

² См.: Волков В. П. Химия атмосферы и поверхности Венеры.— М., 1983.

³ См.: Вернадский В. И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения.— М., 1965; Он же. Проблемы биогеохимии.— М., 1980. (Труды Биогеохимической лаборатории, т. XVI); Он же. Очерки геохимии.— М., 1983.

⁴ См.: Страхов П. М. Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли.— М., 1963; Он же. Проблемы геохимии современного океанического литогенеза.— М., 1976; Лисицын А. П. Процессы современного осадкообразования в Беринговом море.— М., 1966; Океанология. Геология океана. Геологическая история океана.— М., 1980; Лисицын А. П. Биоседimentация вещества в океане.— В кн.: Биоседimentация в морях и океанах. Тезисы докладов Всесоюзного совещания. М., 1983, с. 3—8; Казанский Ю. П. О роли приповерхностных термобарических условий в развитии жизни на Земле.— В кн.: Среда и жизнь в геологическом прошлом. Вопросы экостратиграфии. Новосибирск, 1979, с. 100—102; Он же. Введение в теорию осадконакопления.— Новосибирск, 1983.

Организмы и их роль в

Образователи биохомогенных осадков	Ускорители осадконакопления	Переработчики осадков (фильтраторы, деструкторы)	Углеводородообразователи
I	II	III	IV
<p>Цианеи Бактерии Водоросли</p> <p>Зеленые растения</p>	<p>Цианеи Бактерии</p>	<p>Цианеи Бактерии Водоросли Зоофитопланктон Зеленые растения</p> <p>Губки Археата Кишечнополостные</p> <p>Моллюски Членистоногие Брахиоподы</p> <p>Иглокожие Черви, червеобразные Проблематики</p>	<p>Цианеи Бактерии Водоросли</p> <p>Зеленые растения</p> <p>Водные организмы животного происхождения</p>
<p>Человек</p>	<p>Человек</p>	<p>Человек</p>	

бого другого. Однако более глубокий анализ можно провести, если дать этой системе дополнительную характеристику во времени, начиная с момента первого появления жизни на Земле и до современности. При этом необходимо учитывать, что в геологическом аспекте названная система обретает следующий вид: «окаменелости органического происхождения — порода осадочного происхождения». Взаимосвязи между отдельными элементами системы подвижны как по латерали, так и во времени, что позволяет определять ее как систему, способную сохранять диалектическое единство в процессе длительного развития.

Организмы прошлого и настоящего — поставщики биогенных, механогенных и хемогенных составляющих мирового осадка — могут рассматриваться в систематическом плане, но значительно важнее дать анализ биоса с точки зрения его функциональной роли в осадконакоплении. В зависимости от прямого участия в процессе осадконакопления или того или иного воздействия на осадок организмы могут

осадкообразовании

Тафостроители	Каркастроители	Угнеторообразователи	Почвообразователи
V	VI	VII	VIII
Цианей Бактерии Водоросли Зоофитопланктон Губки Археата Кишечнополостные Хлолитозоа Моллюски Членистоногие Брахиоподы Мшанки Иголокожие Наземные организмы животного происхождения	Цианей Бактерии Водоросли Губки Археата Кишечнополостные Мшанки Проблематики	Бактерии Водоросли Зеленые растения	Цианей Бактерии Водоросли Зеленые растения
Человек	Человек		Человек

быть подразделены на восемь групп (см. таблицу). Предлагаемая классификация имеет некоторые черты биогеохимической, тафономической и экологической классификаций, однако не повторяет ни одну из них полностью. Таблица показывает, что лишь некоторые группы организмов входят в одну или две из принятых здесь категорий воздействия биоса на осадок; большинство же — в несколько или даже во все категории. Графы расположены по мере включения — в течение геологического времени — организмов в активное участие в создании осадка того или иного типа (рис. 1).

Организмы I группы. Они рассматриваются в первую очередь как геологически активная сила, а не с точки зрения возможного участия в образовании осадка того или иного типа (см. другие графы). Воздействие этой группы организмов существенно изменяло состав атмосферы и гидросферы, а значит, и литосферы. Накапливая отдельные химические элементы или их комплекс, эти организмы гло-

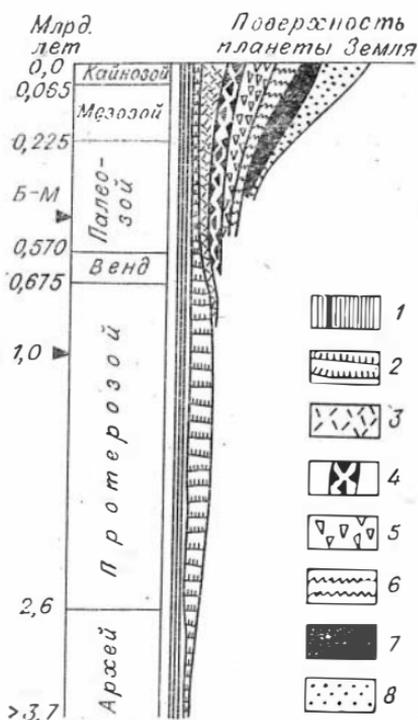


Рис. 1. Биогенный осадок на поверхности планеты Земля в течение геологического времени.

Точка Пастера (П; $O_2 = 0,1\%$ от современного уровня) приурочена к 1,0 млрд. лет; точка Берилгера — Маршалла (Б-М; $O_2 = 10\%$ от современного уровня) — к 470 млн. лет.

1 — организмы I группы (глобальное влияние на процессы осадкообразования); 2 — организмы II группы, ускоряющие осаждение (эдафитообразователи); 3 — организмы III группы — переработчики (фильтраторы, деструкторы); 4 — организмы IV группы — углеводородообразователи; 5 — организмы V группы — тафстроители; 6 — организмы VI группы — карнастроители; 7 — организмы VII группы — углеторфообразователи; 8 — организмы VIII группы — почвообразователи.

Геологическая деятельность человека не показана.

бально меняли весь ход осадконакопления. Так, количество кислорода в атмосфере, возросшее с сотых долей процентов в раннем докембрии до 21% ныне, изменилось в основном благодаря фотосинтетической деятельности цианей, водорослей и зеленых растений. Это справедливо и в отношении других основных компонентов атмосферы, но в меньшей степени для гидросферы. Естественно, ход осадконакопления механогенного и хемогенного материала на различных этапах истории Земли при разном содержании кислорода в атмосфере был разным. Прокариоты и простейшие эукариоты в Мировом океане и зеленые растения на суше играли здесь главенствующую роль.

Организмы II группы — ускорители осадкообразования. Эти организмы в определенной обстановке не способны самостоятельно образовывать осадок, однако, резко меняя физико-химическое равновесие на грани осадок — вода, они вызывают быстрое осаждение из воды (в виде солей) многих элементов. Деятельность современных цианей как основных биокатализаторов достаточно хорошо изучена в суточном цикле. Они могут способствовать накоплению не только карбонатов (которые преобладают), но и фосфатов,

кремнезема и т. д.⁵ Особенно велика была роль организмов — ускорителей осадкообразования в докембрии, но и позднее, вплоть до современности, эти организмы сохранили способность к ускорению (в определенных условиях) процесса накопления осадка. Огромные толщи доломитов докембрия обязаны своим происхождением именно II группе организмов. И. А. Пяновская назвала биогенные осадки такого типа эдафитами⁶. Соответственно ископаемые их апагоги (порода) ею именуются эдафитолитами. Строматолиты и микрофитоциты — составляющие эдафитоцитов.

Организмы III группы — переработчики осадка (фильтраторы и механические деструкторы). Они перерабатывают как воду океана, так и осадок дна любого типа — от мягкого илистого до твердого скального. Состав осадка в процессе такой переработки значительно меняется (обогащается органическим веществом, измельчается, перемешивается с осадком, подвергшимся уже процессам первичной литификации, и т. д.). Фильтрационная система зоофитопланктона пропускает через себя объем воды Мирового океана менее чем за год⁷.

По степени активности этого процесса намечаются латеральная и вертикальная зональность в океане; в результате осадочный материал в пелагиали может накапливаться в значительной массе⁸. Влияние фильтраторов бентоса мелес значительно, но также должно быть отмечено.

К организмам этой группы могут быть отнесены: зоофитопланктон (радиолярии, фораминиферы и др.), подвижный и прикрепленный бентос (от цианей до иглокожих).

Многие из организмов прошлого, игравших существенную роль в качестве деструкторов, сейчас известны только по следам, порам, ходам и т. д. (ихнофауна). Природа их часто остается загадочной.

Организмы IV группы — углеводородообразователи. Тайна органического происхождения нефти и газа еще до конца не раскрыта⁹. Однако уже сейчас бесспорно доказано

⁵ Цит. по: Лучиница В. А. Кембрийские водорослевые постройки и фосфатопосность. — В кн.: Тезисы докладов V Всесоюзного симпозиума по ископаемым кораллам и рифам. Душанбе, 1983, с. 98—100.

⁶ См.: Пяновская И. А. Органогенные постройки как биогенные тела. — В кн.: Тезисы докладов V Всесоюзного симпозиума по ископаемым кораллам и рифам, с. 139—140.

⁷ См.: Лисицын А. П. Биоседimentация вещества в океане.

⁸ См.: Планктон и органический мир пелагиали в истории Земли. Труды XIX сессии Всесоюзного палеонтологического общества. — Л., 1979.

⁹ См.: Губкин И. М. Учение о нефти. — М., 1975.

существование ископаемых углеводородов органического происхождения. В этот процесс вовлекались колоссальные массы разложившегося или полураспавшегося органического вещества (ОВ). Продуцентами ОВ могли быть цианеи, самые различные водоросли и водные растения, мягкое тело организмов животного происхождения. Несомненно участие в этом процессе анаэробных бактерий. Процесс превращения ОВ в углеводороды геологически был очень длительным, почти всегда связанным с последующим перемещением вещества из нефтематеринских толщ в толщи-коллекторы.

Организмы V группы, накопители биогенного по происхождению и самого различного по способу седиментации осадка,— одни из наиболее значимых. Это зоофитопланктон, пектон, многие из организмов бентоса. Скелетные осадки их — карбонатного, кремневого, фосфатного и прочего составов, скапливаясь на дне, дают иногда мощные залежи органогенных пород. При пластовых залежах это тафостромы (ракушняки, ракушняковые мостовые), при линзовидных — тафогермы. Процесс образования осадка за счет деятельности организмов V группы прекрасно изучен в современном Мировом океане¹⁰. Превращаясь в породу, скопления раковинок, чехлов, панцирей и т. д. дают диатомиты (опоки, трепел), радиоляриты (фтаниты, алевропелиты, кремнистые сланцы, яшмы), глобогериновые, криноидные и прочие известняки, спонголиты и т. д. Организмы именно этой группы (от цианей до иглокожих; см. таблицу) занимают в современном океане до 34% (по некоторым данным — до 50%) площади дна. На суше к этому типу осадка могут быть отнесены массовые скопления захороненного костного материала.

Организмы VI группы — каркасостроители. До последних пор их роль в порообразовании недооценивалась. Если в современных морях и океанах рифы и другие органогенные постройки (холмы, банки и т. д.) изучены основательно, то процессы каркасостроения в геологическом прошлом нередко оказываются вне рассмотрения. Карбонатные породы органогенного происхождения (за счет деятельности организмов-каркасостроителей) иногда картируются как особые свиты, неверно реконструируется также геологическая история региона и т. д.¹¹

¹⁰ См.: *Океанология. Геология океана...*; Ginsburg R. N., Lowenstam H. A. The Influence of Marine Bottom Communities on the Depositional Environment of Sediments.— *J. geol.*, 1958, v. 66, p. 310—318.

¹¹ См.: *Геологическая съемка в районах развития отложений с органогенными постройками.*— *И.*, 1982.

Современные каркасостроители — кишечнорастворимые и водоросли (с участием бактерий); каркасостроители прошлого — археата, губки (с участием цианей), водоросли, мшанки, кишечнорастворимые. Устанавливается особая закономерность: совокупность простых построек (холмы-биогермы или луга-биостромы) за длительное геологическое время может превратиться в сложную (биогермный, биостромный массив)¹². Недооценка перехода количественного совокупного элемента как результата деятельности организмов-каркасостроителей в иное качественное состояние также может привести к геологической ошибке (при палеогеографических реконструкциях).

Сложные постройки (риффы) Б. В. Преображенский¹³ определяет как замкнутую экосистему, в которой организмы: продуценты, консументы и деструкторы — полностью (или почти полностью) замыкают экологическую цепь. Одновременно такая замкнутая система включает в себя и осадок как биогенного, так, отчасти, и абиогенного характера.

В геологическом времени длительно существовавшие сложные органогенные системы давали рифонные и рифовые массивы и комплексы¹⁴.

Организмы VII группы — углеторфообразователи. С выходом растений на сушу (силур — девон) начали свою работу организмы торфо- и углеобразователи. Будучи первоначально обитателями влажных, болотистых участков в прибрежных регионах континентов, эти первые земноводные травянисто-болотные растения (псилофиты) вначале при захоронении редко давали крупные скопления органического вещества, и вряд ли их можно назвать порообразователями — они скорее индикаторы климатических обстановок этого времени. К середине раннего девона они достигли максимума в своем развитии¹⁵.

Позднее (девон — карбон) к ним присоединились плауновые, достигавшие огромных размеров и заселившие значительные площади континентов в самых различных кли-

¹² См.: Журавлева И. Т., Мягкова Е. И. О классификации современных и ископаемых органогенных построек. — В кн.: Среда и жизнь в геологическом прошлом. Вопросы экостратиграфии. Новосибирск, 1977, с. 125—134.

¹³ См.: Преображенский Б. В. Экологическая классификация рифов. — В кн.: Тезисы докладов V Всесоюзного симпозиума по ископаемым кораллам и рифам, с. 134—135.

¹⁴ См.: Журавлева И. Т., Мягкова Е. И. О классификации...

¹⁵ См.: Анапьев А. Р. Тип Psilopsida. Псилофитовые. — В кн.: Основы палеонтологии. Водоросли, мохообразные, псилофитовые, плауновидные, членистостебельные, папоротники. М., 1963, с. 315—325.

матических поясах — от умеренного до субтропического. Плауновые леса карбона за длительное геологическое время образовали мощные толщи каменного угля¹⁶:

Моховые заросли, также характерные для болотистых мест, давали лигниты (от перми до третичного периода включительно), а в настоящее время — торфяники¹⁷.

Организмы VIII группы — почвообразователи. Они представлены наземными растениями с обязательным участием бактерий и нередко цианей. В некотором плане функция организмов-почвообразователей перекрывает и функцию организмов предыдущей группы (VII), однако здесь дается не почвенная классификация, и потому принято разделять организмы VII и VIII групп на две категории. Это обусловлено резким различием ролей организмов данных групп в процессе биогенного осадконакопления. Почва — сложное биокосное тело, выделяемое даже в особую сферу Земли — педосферу.

Процесс почвообразования (от латеритов до черноземов, сероземов и т. д.) протекает по-разному в жарком аридном климате и во влажном умеренном. Все это — континентальные осадки, образовавшиеся при самом активном участии биогенного фактора¹⁸. Ископаемые почвы, как правило, не образуют огромных толщ, однако их роль как показателей палеоклимата неопределима.

Если по латерали (современный геологически мгновенный срез) совокупный осадок на 50% или более образуется с участием биогенных компонентов, выполняющих самые различные функции (от биомеханической и биохимической до каркасостроительной), то количество биогенного вещества в водной среде (океан) оказывается еще большим. По данным А. П. Лисицына¹⁹, в океане биогенное вещество в 70 раз превышает терригенное. Без преувеличения можно сказать, что большинство осадочных горных пород — производных от осадка океана и суши — представляют собой биокосное тело, в котором компоненты органического происхождения составляют от 20—30 до 100%.

¹⁶ См.: Борсук М. О. Тип *Lycopside*. Плауновидные.— Там же, с. 415—430.

¹⁷ См.: Савич-Любичкая Л. И., Абрамов И. И. Тип *Bryopsida*. Мохообразные.— Там же, с. 344—351.

¹⁸ См.: Афанасьева Т. В., Василенко В. И., Терешина Т. В., Шеремет Б. В. Почвы СССР.— М., 1979.

¹⁹ См.: Лисицын А. П. Биодифференциация вещества в океане.— В кн.: Биоседиментация в морях и океанах, с. 3—8.

В таблице, во всех графах, кроме IV и VII, указан еще один вид в составе биоса — человек. Хотя по характеру своей геологической деятельности человек безо всяких оговорок подходит под определение, даваемое организмам I—III, V—VI и VIII групп, однако роль его настолько специфична, что надо говорить о нем отдельно.

С возникновением человека как социального существа возникла ноосфера²⁰, т. е. сфера приложения деятельности человека в самых различных аспектах, в том числе технократическом и социальном. Ноосфера по объему ближе всего к биосфере; что же касается литосферы, то здесь нет полного перекрытия этих понятий: в одних случаях ноосфера больше литосферы (человек начал завоевание космического пространства), в других — меньше (если исследуется литосфера абиогенного происхождения).

Рассматривая роль биогенного фактора в осадконакоплении, мы неминуемо должны учитывать геологическую деятельность Homo sapiens. Не так важно, что геологическая деятельность человека приобрела глобальное значение именно благодаря его социальной и технократической деятельности, как важен факт разнообразия этой деятельности. Отграничивая социобиологизм, попытаемся оценить значение геологической деятельности человека в настоящий момент. Без такого анализа роль Homo sapiens на современном этапе в общей истории планеты Земля понимается значительно труднее (см. таблицу).

Группа I. Власть человека над планетой Земля сейчас такова, что он может на новом этапе развития геобиосистемы приблизить ее к состоянию, аналогичному состоянию 3,5—2,5 млн. лет тому назад, оставив на поверхности Земли только цианей и бактерий. Биосфера, закончив один большой мегацикл, войдет в новый, начав почти с исходного состояния.

Группа II. Овладев катализом, человек в качестве биокатализатора-технократа может многое, в том числе и ускорять процессы седиментогенеза в океане и на суше. Но эту свою роль, во многом позитивную, человек еще не осознал.

Группа III. Роль человека как разрушителя-переработчика природы настолько велика, что уже сейчас вырабатываются целые своды законов и постановлений, обязывающих общество оградить природу от его воздействия. Масштабы его деятельности — от мегакарьеров до разрушения почвенного покрова; от вырубки лесов до создания пустынь на

²⁰ См.: Верпадецкий В. И. Проблемы биогеохимии.

месте зеленых массивов и т. д. Примеры: нехватка пресной воды в ряде регионов, недостаток чистого воздуха во многих мегаполисах.

Именно в этой роли рассматривают обычно человека, когда анализируют силу воздействия тех или иных социально-экономических или технократических систем на природу. Здесь наиболее заметны социально-экологические последствия деятельности человека.

Группа V. Человек — тафстроитель начал свою деятельность с момента своего появления. Он — создатель мусорных куч (наземные тафгермы), мусорных площадей (наземные тафстромы). Вероятно, терриконы, покрытие дорог, стадионов и т. д., т. е. все искусственные покрытия поверхности Земли, создаваемые человеком, следует отнести к этой группе.

Группа VI. Человек — каркасостроитель; влияние человека здесь очень значительно. Создаваемые им комплексы органогенных построек (домов, городов мегаполисов и пр.) подчиняются тому же закону замкнутой экосистемы, столь характерной для сложных рифовых и рифондных построек океана²¹. В последнее время человек, не сознавая того, в градостроительстве повторяет и форму некоторых естественных органогенных построек, особенно крупных. Специалисты градостроительства в ряде случаев уже осознанно пытаются имитировать форму определенных живых существ или их частей (форму дерева, листа и т. д.): появляется новая ветвь архитектуры — архитектурная бионика.

Группа VIII. При желаниии человек может выступить и как созидательная сила. Примеров этому много, но можно назвать два: насаждение лесов и создание искусственного почвенного покрова (рекультивация почвы).

Отчетливо видно, что во всем совокупном биосе в настоящее время лишь *Homo sapiens* представляет собой настолько мощную геологическую силу²², что с результатами его деятельности могут быть сравниваемы результаты деятельности не только осадочного процесса, но и в ряде случаев — тектонических сил.

В состав биоса настоящего и прошлого Земли входят почти все химические элементы системы Менделеева. Однако только немногие являются обязательными носителями

²¹ Preobrazhensky B. V. Problems of Studing Coralreef Ecosystems.— Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, 1977, Bd 30, S. 357—361.

²² См.: Вернадский В. И. Углерод и живое вещество в земной коре.— Очерки геохимии. М., 1983, с. 169—260.

жизни. Организмы берут все необходимое для жизни из воды, воздуха, почвы. Известно, что в воде современного Мирового океана растворено больше органических веществ, чем их содержится во всех растениях и животных; в воде есть даже растворенные аминокислоты. Именно поэтому Л. И. Зенкевич²³ сравнивал функцию воды океана (питание живого) с функцией наземной почвы. В то же время организмы в процессе жизнедеятельности возвращают в неживую природу все химические элементы, завершая этим круговорот веществ. Наиболее важным в рамках данной работы представляется возвращение из живого в неживое следующих веществ.

Водород. На его долю приходится до 1% совокупной массы литосферы и атмосферы. Присутствие водорода в нефти, природных газах, горючих сланцах прямо указывает на участие организмов в процессе накопления этого элемента на Земле.

Кислород. В современной атмосфере содержится 21% кислорода. Накопление O_2 в атмосфере происходило скачкообразно, начинаясь в глубоком докембрии с долей процента. В первую очередь накопителями кислорода становятся организмы I группы — фотосинтезаторы, поскольку фотосинтез играет в этом случае первостепенную роль (растения выделяют в 4 раза больше кислорода, чем потребляют). Только с накоплением O_2 в атмосфере до 10% (в начале ордовика, так называемая точка Беркнера — Маршалла) и созданием озонового пояса²⁴ растительный мир, а вслед за ним и животный, смог приступить к колонизации наземной поверхности²⁵.

Углерод. Двуокиси углерода в атмосфере содержится до 0,04%. Колебания этой предельно малой величины влияют на температурные изменения воздуха (климат) и состав живой природы (биос). Химическая сущность дыхания (соединение C и H с O_2 воздуха) одна и та же у животных и растений, но у последних параллельно идет процесс питания за счет синтеза органических веществ из CO_2 и H_2O . Организмы возвращают углерод в неживую природу в виде двуокиси

²³ См.: Зенкевич Л. И. Материалы к сравнительной биоценологии суши и океана.— Избранные труды. Т. II. Биология океана. М., 1977, с. 67—82.

²⁴ См.: Соколов Б. С. Органический мир Земли на пути к фанерозойской дифференциации.— В кн.: 250 лет Академии наук СССР: документы и материалы юбилейных торжеств. М., 1977, с. 422—444.

²⁵ См.: Вернадский В. И. Химические элементы, их классификация и формы нахождения в земной коре.— Очерки геохимии, с. 32—66.

углерода (CO_2 ; I группа); солей карбонатов и др. (CaCO_3 , $\text{CaCO}_3\text{MgCO}_3\text{CO}_3$ и т. д.; II, V, VI группы); торфяно-угольной массы (ОВ и чистый С; VII группа); сложных углеводов (IV группа)²⁶.

Кальций, магний. Эти элементы извлекаются из воды организмами II, V, VI групп самыми различными путями — физико-химическим, биохимическим и, как следствие, механическим (при достаточно высокой температуре воды — выше 18°C). Если в мягких частях организмов Ca и Mg со- тые доли процента, то во «внешнем» скелете²⁷ — до 100%. Эти элементы в виде солей карбонатов необходимы для укрепления внешней оболочки организма («внешний» скелет), образования внутреннего каркаса («внутренний» скелет), а также для строительства «домиков», служащих для некоторых организмов защитой от внешних условий. Наиболее характерен процесс биогенного накопления со- лей Ca и Mg для организмов II и VI групп — биокатали- заторов и каркасостроителей²⁸. В первом случае образу- ется изначально нетвердый, а во втором — изначально твердый биогенный скелет. За счет огромной биомассы, участвующей в этом процессе, идет крупномасштабное на- копление биогенного карбоната Ca и (или) Mg. Механи- ческое накопление карбоната кальция и (или) магния ха- рактерно для организмов V группы.

Азот. Вес азота составляет до 75% веса атмосферы²⁹. Азот входит в состав всех живых организмов и важен для питания многих из них. Органоминеральные соединения азота после отмирания организмов, в процессе тления, переходят в более простые формы — NaNO_3 , N_2 и т. д. В случае отсутствия влаги залежи биогенного по проис- хождению NaNO_3 могут давать промышленные месторож- дения. Накоплению азота в атмосфере и в осадках конти- нентов и океанического дна способствуют организмы всех групп.

²⁶ См.: Вернадский В. И. Углерод и живое вещество в земной коре; Гаррелс Р. М. Круговорот углерода, кислорода и серы в течение геологического времени.— В кн.: Чтения им. В. Вернадского. М., 1975; Сочава А. В. Системный подход в моделировании геохимического цикла и проблемы эволюции литогенеза (см. статью в настоящем сбор- нике).

²⁷ «Внешний» и «внутренний» скелеты понимаются здесь условно, по отношению к мягкому телу, а не по происхождению.

²⁸ См.: Уилсон Дж. Л. Карбонатные фацции в геологической исто- рии.— М., 1980.

²⁹ См.: Некрасов Б. В. Основы общей химии, т. 1.— М., 1965.

Фосфор. В чистом воздухе фосфор отсутствует, в пресных водах его 0,000006%, в морской воде 0,001%. В то же время растения и животные содержат фосфор в виде разнообразных органоминеральных соединений в значительно больших количествах: бактерии — 0,5%; растения, человек — до 1; костный материал — 12; зубы, хитинофосфатные раковины — 18%. Вероятно, имеют место оба процесса извлечения фосфора из воды — биогенный и абиогенный. Известны месторождения фосфоритов, почти целиком биогенного происхождения. Содержание фосфора в фосфоритах до 16%, в почвах до 0,5, в краспоземах до 0,2%³⁰.

Железо, марганец. Железо — важнейший элемент в жизнедеятельности всех организмов. Не принимая во внимание органоминеральное происхождение пирита, не столь важного для накопления железистых осадков, отметим огромную роль специфических железобактерий допалеозоя в формировании железистых осадков на дне океана и, как результат этого, железорудных толщ осадочного происхождения. Последнее в меньшей степени, но также справедливо в отношении марганца³¹.

Кремний. Это один из наиболее распространенных в литосфере минералов. Концентрирование кремнезема органического и органоминерального происхождения (от аморфного до кристаллического) особенно характерно для организмов V группы. Бесспорна способность организмов изымать кремний из морской (и даже пресной) воды, где он содержится в ничтожных долях процента. Толщи спонголитов, радиоляритов, диатомитов свидетельствуют об исключительном значении этого элемента для круговорота живой и неживой природы³².

Сера. В земной коре серы не более 0,03%, однако организмы до некоторой степени концентрируют этот элемент, входящий обязательно в состав белков³³. Растения накапливают серу в листьях и семенах, животные — в шерстистом покрове, рогах, когтях, копытах. Возвращение биогенной серы в неживую природу идет самыми различными

³⁰ См.: Корбридж Д. Фосфор. Основы химии, биохимии, технологии.— М., 1982; Геология месторождений фосфоритов.— М., 1983.

³¹ См.: Вернадский В. И. Химические элементы...; Он же. Геосферы. История марганца, энергия геосфер.— Очерки геохимии, с. 67—110.

³² См.: Айлер Р. Химия кремнезема, т. 1, 2.— М., 1983.

³³ См.: Некрасов Б. В. Основы общей химии, т. 1.



Рис. 2. Схема развития органического мира. (По Б. С. Соколову, с до-
бавлениями).

1 — бактерии; 2 — цианеи; 3 — грибы; 4 — фитопланктон; 5 — бентосные метафиты; 6 — наземные растения; 7 — протозоя; 8 — губки; 9 — археата; 10 — кишечнополостные; 11 — черви, червеобразные; 12 — членистоногие; 13 — моллюски; 14 — брахиоподы; 15 — иглокожие; 16 — хемикордовые; 17 — позвоночные; 18 — человек; П — точка Пастера (O_2 — 0,1% от современного уровня); Б-М — точка Беркнера — Маршалла (O_2 — 10% от современного уровня). Наиболее важные группы организмов в эволюции биоседиментации выделены жирными линиями.

путями, однако количество ее ничтожно по сравнению с количеством того же элемента абиогенного происхождения.

Роль остальных химических элементов в круговороте веществ в природе во многом аналогична.

Таким образом, бесспорна важность биогенного компонента в осадкообразовании. Биогенные осадки занимают в настоящее время до 50% поверхности морского дна, а на суше — все пригодные для расселения организмов участки поверхности земли, кроме арктических, песчаных пустынь (и то избирательно) и крайнего высокогорья³⁴. Вода в любом виде — также биокосное тело³⁵. Однако на протяжении геологической истории Земли (4,5 млрд. лет) эта картина на разных этапах геологической и биологической эволюции была существенно иной (см. рис. 1).

Первое отличие. Чем более древние эпохи мы будем рассматривать, тем меньший процент площади дна Мирового океана и континентов окажется «захваченным» осадком, образовавшимся с участием или под воздействием организмов.

Второе отличие. На разных этапах геологической и биологической эволюции преобладали различные типы биогенных осадков. В учении об эволюции геологических форма-

³⁴ Базилевич Н. И., Родин Л. Е., Розов Н. П. Сколько весит живое вещество планеты? — Природа, 1971, № 1, с. 46—53.

³⁵ См.: Зенкевич Л. И. Материалы к сравнительной биоценологии суши и океана.

ций³⁶ эта закопомерность выявлена исключительно отчетливо. Рисунок 1 иллюстрирует данное положение в отношении осадочных пород биогенного происхождения. Четко выявляются две тенденции: 1) все большее завоевание поверхности Земли биогенным осадком; 2) все большее вовлечение различных организмов (рис. 2) в процесс биогенной седиментации. Обе эти тенденции взаимосвязаны. Закопомереп вывод о зависимости (прямой или опосредованной) возникновения каждой группировки биогенных осадков от появления определенных крупных таксонов органического мира, имевших влияние на биогенное осадкообразование. Так, только появление и быстрое расселение с начала палеозоя скелетных организмов создало предпосылки для накопления осадков тафостромного (ракушнякового) типа (см. графу V таблицы). Карбонатные органо-генные постройки, известные доньше (см. графу VI таблицы; не эдафиты!), появились впервые с кембрия, к началу которого относится массовое расселение эуархеодат (первые археата).

Углеобразование (см. графу VII) стало возможным, как говорилось выше, только с девона, когда растения, вышедшие на сушу еще в силуре³⁷, смогли расселиться на значительных площадях, в том числе и удаленных от берега. Соответственно и почвообразование (см. графу VIII), обусловленное теми же факторами, имеет своим началом только середине палеозоя.

Биогенные осадки, вызванные в первую очередь жизнедеятельностью прокариот (см. графы II—IV), имели все предпосылки для своего возникновения на самой заре жизни. Однако это оказывается справедливым только для организмов II группы (эдафиты). Для момента начала реального накопления осадков, связанных с организмами III и IV групп (в первую очередь фильтраторы и углеводородообразователи), потребовался громадный временной интервал — в несколько миллиардов лет.

Геологическая эволюция каждой из группировок биогенных осадков, отраженных в графах I—VIII, протекала неравномерно: были моменты оптимумов и спада, приуро-

³⁶ См.: **Яншин А. Л.** Принципы актуализма и проблемы эволюции геологических процессов.— В кн.: Пути и методы познания закономерностей развития Земли. М., 1963, с. 1—8; **Боголепов К. В., Жарков М. А.** Проблемы эволюции геологических процессов.— В кн.: Проблемы эволюции геологических процессов. Новосибирск, 1981, с. 7—20.

³⁷ См.: **Мейен С. В.** Современная палеоботаника и эволюционная теория.— Природа, 1971, № 2, с. 48—57.

ченые к моментам расцвета тех или иных таксономических категорий — осадкообразователей — или их угнетения. Это хорошо изучено для эдафитов³⁸ и каркасных биогенных известняков — органогенных построек³⁹.

Выводы

1. Литосфера Земли — уникальное явление в Солнечной системе, обусловленное участием биоса в ее создании.

2. Литосфера Земли — динамическая геобiosистема; роль биоса в ее составе, совершенно незначительная в начале геологической и биологической эволюции, становится определяющей в настоящий геологический момент.

3. Литосфера Земли может быть подразделена на биогенную и абиогенную; соотношение между ними в течение геологической истории все время менялось.

4. Биос не только совершенствовался в ходе эволюции, но оказывал влияние на течение геологической эволюции Земли. Этот диалектический процесс является взаимосвязанным, необратимым, динамически развивающимся по восходящей линии.

5. В процессе длительной цепи превращений за многие миллиарды лет биогенный осадок переходил в горную породу такого типа, когда первоначальное влияние (или даже преобладание) биоса в нем оказывается скрытым. Но это не должно принижать общей оценки значения биоса для эволюционного седиментогенеза.

6. Этот процесс может быть ретроспективно понят только в том случае, если геологическое время как объективная реальность будет рассматриваться в виде суммы физических времен, с непременно наложением одного физического времени на другое. Таким образом, геологическое время есть многомерное физическое время.

7. Изучение седиментационных процессов прошлого и процессов породообразования невозможно без привлечения совокупности данных палеонтологии и особенно палеоэкологии. Методы палеоэколого-тафономического анализа при этом выходят на первое место.

8. Роль человека в геологии в некоторых аспектах сопоставима с ролью геологических сил. Различие лишь в том,

³⁸ См.: Пяновская И. А. Органогенные постройки...

³⁹ См.: Королук И. К., Михайлова М. В. Некоторые вопросы геологии ископаемых рифов (статья 1). — Изв. вузов. Геология и разведка, 1981, № 12, с. 21—27.

что геологические процессы, как правило, очень продолжительны, человек же, вооруженный технократически и социально, может совершить доступное ему геологическое действие в геологическое мгновение.

СТАНОВЛЕНИЕ И ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ПАЛЕОГЕОГРАФИИ КАК НАУЧНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Ю. Я. СОЛОВЬЕВ, канд. геол.-мин. наук

Научные термины имеют свое содержание, которое в процессе развития знаний меняется. Нередко бывает очень трудно определить, кто ввел в науку тот или иной термин. Причиной этого является объективно существующий дефицит информационного обмена между сообществами ученых разных стран, а также известные трудности языкового барьера. В данном случае разговор пойдет о термине «палеогеография», происходящем от сочетания греческих слов: *παλιός* (палайос) — старый, древний, *γη* (гэ) — Земля и *γράφω* (графо) — чертить, изображать, писать. В дословном переводе это означает — описание древней Земли.

Исследователи конца XIX — начала XX в., как правило, связывают появление данного термина в специальной литературе с именем известного французского геолога А. Лаппарана, предложившего его в 1885 г. Однако есть сведения, что слова «геологическая палеогеография» и «палеогеологическая география» употреблялись еще в 1875 г. А. Буэ¹. И Лаппаран и Буэ понимали термин «палеогеография» как реконструкцию очертаний древних морских бассейнов, определение прошлых климатических условий, а также установление распределения организмов в различные периоды геологической истории. Ч. Шухерт в монографии, посвященной палеогеографии Северной Америки, утверждал, что впервые термин «палеогеография» ввел в употребление Р. Этеридж в 1881 г.² Этот английский геолог, зачитывая в том же году в Лондонском геологическом обществе свой президентский адрес на тему «Анализ и распространение ископаемых органических остатков в палеозойских отложениях Великобритании», охарактеризовал особенности геогра-

¹ Муравски Г. Толковый словарь немецких геологических терминов. (Перевод с 7-го немецкого издания 1977 г.). — М., 1980, с. 216.

² Schuchert Ch. Paleogeography of North America. — Bull. geol. soc. America, 1910, v. 20, p. 431.

фических перемен суши и моря в восточной части Англии и первым из англичан использовал термин «palaeogeography»³.

Утверждение Ч. Шухерта не соответствует истине, но упрекать его в этом нельзя: история пауки изобилует примерами того, как одни и те же открытия делаются в нескольких странах почти одновременно. Проникновение научных представлений из одной страны в другую происходит постоянно. Известно также, что уже предложенная научная терминология прочно входит в научный оборот зачастую лишь после обобщающих работ какого-либо известного ученого и нередко связывается с его именем.

Изучение отечественной литературы позволяет внести поправку в уже сложившиеся представления. Так, выясняется, что еще М. В. Ломоносов настаивал на палеогеографическом, в сущности, подходе к истории Земли. Высказывая идею необратимости развития природы и отстаивая исторический подход к изучаемым явлениям, он писал: «Твердо помнить должно, что видимые телесные на Земле вещи и весь мир не в таком состоянии были сначала от создания, как ныне мы находим, но великие происходили в нем перемены, что показывает История и древняя География с нынешнею снесенная, и случающиеся в наши веки перемены земной поверхности»⁴. Потребовалось, однако, более 100 лет, прежде чем термин «палеогеография» утвердился в науке.

Впервые этот термин, по всей вероятности, был введен в оборот в отечественной науке. Н. А. Головкинский впервые употребил слово «палеогеография» в 1870 г., рекомендуя к печати статью И. Ф. Синцова «Мезозойские образования Общего Сырта и некоторых прилегающих пунктов» в первом томе трудов Общества естествоиспытателей при Казанском университете. Остановившись на важнейших результатах работы И. Ф. Синцова, в частности на выводах относительно условий образования «юрской и меловой формаций», Н. А. Головкинский заявил: «Я позволю себе... высказать при этом, что замечания и наблюдения такого рода имеют значение для Геологии, потому что они содействуют развитию той неразработанной стороны, которую можно назвать Палеогеографией, или Геологической географией, и в кото-

³ См.: Etheridge R. The anniversary address of the president.— Quarterly journal of the geological society of London, 1881, v. 37, p. 229.

⁴ Ломоносов М. В. О слоях земных.— В кн.: Первые основания металлургии и рудных дел. Прибавление второе. Спб., 1763, § 98.

рой теперь чувствуется в пауке такая постоянная нужда»⁵.

В отчете о деятельности Общества естествоиспытателей при Казанском университете в течение второго года его существования достоверность этого первого употребления термина подтверждается секретарем общества М. Н. Богдановым. В тексте отчета имеется фраза: «...на заседании Общества 12 ноября 1870 г., указав на разрешение И. Ф. Синцовым некоторых специальных вопросов, касающихся параллелизации пластов Юрской и Меловой формаций на Общем Сырте и в других местностях, Н. А. (Головкинский.— Ю. С.) обратил внимание присутствующих на значение этих исследований для Палеогеографии»⁶. Заметим, что позднее, 23 марта 1871 г., Н. А. Головкинский, излагая свое мнение на Совете университета о диссертации приват-доцента И. Ф. Синцова, повторил цитированную фразу, в которой содержится термин «палеогеография»⁷. Однако в своих трудах Н. А. Головкинский никогда не употреблял этот термин.

Следует подчеркнуть, что, вводя в научный обиход столь привычный теперь для нас термин «палеогеография», Н. А. Головкинский предложил его синоним — «геологическая география». Можно полагать, что это было сделано им не случайно, так как упомянутые слова точно раскрывают суть палеогеографии, отражая неразрывное сочетание хронологического (пространственного) и хронологического (временного) факторов. Уловив главную особенность зарождающейся новой отрасли геологических знаний, Н. А. Головкинский призывал развешивать во времени физико-географические условия, сменявшиеся в прошлом на пространствах морских бассейнов и суши.

Можно констатировать, что первоначальной трактовкой термина «палеогеография» его автор подчеркивал важность реконструкций обстановок накопления осадков на разных глубинах древних морских водоемов при корреляции слоев

⁵ Протокол 17-го заседания Общества естествоиспытателей при Императорском Казанском университете 12 ноября 1870 г.— Изв. и учен. зап. Казан. ун-та, вып. 5 за 1871/1872, с. 46—47.

⁶ Богданов М. Н. Отчет о деятельности Общества естествоиспытателей при Императорском Казанском университете в течение второго (1870—1871) года.— Изв. и учен. зап. Казан. ун-та, вып. 5 за 1871/1872, с. 120.

⁷ Головкинский Н. А. Мнение о диссертации И. Ф. Синцова на степень магистра минералогии и геогнозии.— Изв. и учен. зап. Казан. ун-та, вып. 4 за 1871/1872, с. 210.

разрезов разлоудаленных площадей. Следовательно, именно Н. А. Головкинскому и принадлежит приоритет понимания термина «палеогеография» как описания различных обстановок осадконакопления за длительную историю геологического развития Земли.

Начало использованию рассматриваемого термина в отечественной литературе было положено в 1888 г. С. Н. Никитиным, хотя он и употребил его только дважды в одной из своих многочисленных работ⁸. С середины 90-х гг. XIX в. термин «палеогеография» в работах австрийских, американских, немецких геологов начал использоваться для показа изменений географии в течение геологического времени. И все же термин не стал тогда общепринятым, что подтверждается отсутствием его, в частности, в известном энциклопедическом словаре Ф. А. Брокгауза и И. А. Ефрона.

В начале текущего столетия И. Д. Лукашевич посвятил палеогеографии отдельную главу своего фундаментального труда «Неорганическая жизнь Земли»⁹. Тем не менее широкое распространение в научной печати термин «палеогеография» получил в 20-е гг. после переиздания в 1919 г. работ А. П. Карпинского (1887 и 1894 гг.) о прошлых физико-географических условиях и характере колебаний земной коры в пределах европейской части России¹⁰. С этого времени палеогеография в качестве молодой отрасли геологических знаний получила самостоятельный статус. Она стала одной из синтезирующих наук о Земле, изучающей разнообразные ископаемые свидетельства, реконструирующей прошлые физико-географические процессы и явления для восстановления геологической истории и выявления пространственных закономерностей распределения полезных ископаемых.

В настоящее время содержание понятия «палеогеография» углубляется и уточняется, и у исследователей все еще нет единого подхода к явлениям, описываемым этим термином¹¹. В зависимости от подхода расширяется или сужается круг теоретических вопросов и практических за-

⁸ См.: Никитин С. Н. Следы мелового периода в Центральной России.— Труды Геол. ком., 1888, т. 5, № 2, с. 143, 162.

⁹ См.: Лукашевич Н. Д. Неорганическая жизнь Земли. Ч. 3. Строение Земли в связи с ее историей.— Спб., 1911.

¹⁰ См.: Карпинский А. П. Очерки геологического прошлого Европейской России. Статьи.— Пг., 1919.

¹¹ См.: Соловьев Ю. Я. К эволюции понятия о палеогеографии в отечественной литературе.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1979, № 6, с. 81—89.

дач, по неотъемлемой и весьма существенной частью палеогеографических реконструкций остаются литологические исследования.

Резюмируя сказанное, кратко сформулируем основные выводы.

1. Задолго до появления термина «палеогеография» М. В. Ломоносов, настаивая на историческом подходе к изучению перемен земной поверхности, употребил в 1763 г. словосочетание «древняя география» в современном палеогеографическом смысле.

2. В специальной литературе возникновение термина «палеогеография» часто связывается с именем А. Лаппарана, предложившего его в 1885 г.; иногда отмечается, что слова «геологическая палеогеография» и «палеогеологическая география» употреблялись еще в 1875 г. А. Буэ. Однако эти ученые имели в виду прежде всего реконструкцию очертаний древних морских бассейнов, а также определение прошлых климатических условий и выяснение распределения органического мира в различные периоды геологической истории.

3. Ч. Шухерт утверждал, что термин «palæogeography» первым начал использовать в 1881 г. английский геолог Р. Этеридж, который на основании изучения органических остатков охарактеризовал особенности географических перемен суши и моря в палеозое на востоке Великобритании.

4. Однако изучение первоисточников позволило констатировать, что слово «палеогеография» и его синоним «геологическая география» были впервые произнесены Н. А. Головкинским в ноябре 1870 г. на заседании Общества естествоиспытателей при Казанском университете. Им подчеркивалась важность реконструкции условий накопления осадков на разных глубинах древних морских бассейнов. Первоначальное содержание «палеогеографии» — это воссоздание существовавших в прошлом различных обстановок осадконакопления.

5. В отечественную литературу термин «палеогеография» вошел через работу С. Н. Никитина в 1888 г. С середины 90-х гг. XIX в. этот термин появился в работах австрийских, американских, немецких геологов, но еще не стал тогда общепринятым.

6. С 20-х гг. XX в. термин «палеогеография» получил широкое распространение в специальной литературе.

7. Понятие «палеогеография» нередко трактуется по-разному, но всегда неотделимо от литологических исследований.

НЕКОТОРЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ГЕОЛОГИИ В БУРЖУАЗНОЙ ФИЛОСОФИИ

А. Л. СИМАНОВ, канд. филос. наук

В Отчетном докладе ЦК КПСС XXVI съезду партии перед советскими философами была поставлена задача осмысливать новые явления науки, а не доказывать доказанное или же предаваться схоластическому теоретизированию¹. Это в значительной степени касается и критики современной буржуазной философии. Требование повышения качества идеологической и идейно-воспитательной работы, прозвучавшее с трибуны XXVI съезда КПСС, отраженное в документах ноябрьского (1982 г.) и июльского (1983 г.) Пленумов ЦК КПСС, должно стать основным стимулом изучения современного состояния буржуазной философии. И если на XXVI съезде КПСС было подчеркнуто, что «вся идейно-воспитательная работа должна вестись живо и интересно, без штампованных фраз и стандартного набора готовых формул»², то это означает, что живой и конкретной должна быть критика тех или иных модных концепций американских и западно-европейских авторов. Марксистская критика должна опираться на детальное знание ситуации в современной буржуазной философии, понимание ее проблем и тенденций, широкое знакомство с работами не только лидеров современной буржуазной философии, но и множества мыслителей более низкого ранга, которые, несмотря на слабость и эклектизм их позиций, определяют лицо современной буржуазной философии, ставшей в наши дни массовой и усредненной.

Нам представляется, что будет небесполезно познакомиться с некоторыми современными тенденциями анализа методологических проблем в науках о Земле на Западе. Нельзя не отметить, что в данной области исследований есть много школ, направлений, подвергающих друг друга взаимной критике, наблюдаются всевозможные эклектические сочетания различных концепций, мнений, гипотез, и осветить всю эту картину в одной небольшой статье невозможно. Поэтому рассмотрим только некоторые моменты — наиболее симптоматичные, на наш взгляд, для эволюции этого раздела философии. И здесь мы считаем необходимым выделить исследования, связанные с общеплосовскими

¹ См.: Материалы XXVI съезда КПСС.— М., 1981, с. 78.

² Там же, с. 75.

проблемами в геологическом контексте. Это прежде всего проблема геологического времени.

Содержание одной из концепций геологического времени сформулировано в работах Г. Хедберга и Дж. Елецкого и критически проанализировано в статье Н. В. Симакова³. Согласно Хедбергу, «само время является нематериальным и неосязаемым»⁴. Елецкий утверждает, что «абстрактное время остается совершенно бесструктурным», принципиально непознаваемым и потому имеющим теоретическую ценность «до тех пор, пока оно не будет заполнено некоторыми видами событий»⁵.

Иную концепцию времени разрабатывает Г. Уилер. По его мнению, имеется единый поток времени, который отражается в событиях, происходящих на Земле. Любое подразделение времени в истории Земли может быть распознано в любой точке земной поверхности; именно ход времени проявляется и улавливается через стратиграфические подразделения⁶.

Общим для этих концепций является представление о том, что движение, развитие, изменение материи обусловлены ходом времени, а не наоборот. Очевидно, корни такого воззрения лежат в философии А. Бергсона и его сторонника С. Александера. Эта анахроническая точка зрения широко распространена, чему немало способствует развитие так называемой «абсолютной геохронологии». Гипогеологической основой геохронологии является перенос понятия «физическое время» в геологию. Как отмечает Н. В. Симаков, основанием для такого утверждения служит то обстоятельство, что и при конструировании метрики концептуального физического времени, и при определении «абсолютного» возраста геологических объектов используются будто бы одни и те же — атомные — часы⁷. Это дает повод некоторым геологам утверждать, с одной стороны, что в геологии радиометрический метод является единственным путем

³ См.: Симаков Н. В. Некоторые философские и методологические аспекты теории геологического времени.— В кн.: Методологические и философские проблемы геологии. Новосибирск, 1979.

⁴ Hedberg H. D. Stratigraphic classification and terminology.— Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 1958, v. 42, N 8.

⁵ Jelezky J. A. Paleontology, basis of practical stratigraphy.— Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 1956, v. 40, N 4.

⁶ См.: Wheeler H. E. Time — stratigraphy: Stratigraphic units in space and time.— Amer. Sc., 1959, v. 257, N 10.

⁷ См.: Симаков В. Н. Некоторые философские и методологические аспекты теории геологического времени, с. 166.

к достижению абсолютного измерения времени⁸, а с другой — что заранее можно предсказать бесплодность попыток создания подразделений геологического времени, отличного от обыденного времени с его искусственным подразделением на минуты, часы, дни и годы⁹.

Такого рода концепции означают абсолютизацию одного вида времени, присущего конкретной форме движения материи как форме бытия материи на ее различных уровнях. Известно, что время с его топологическими и метрическими свойствами зависит от специфики материальных объектов, что в конкретных проявлениях оно относительно. Время абсолютно лишь как форма движения материи. В конкретных исследованиях нельзя отождествлять время «физическое» и «геологическое», хотя они и «близки» друг к другу в своей основе. Очевидно, имеет смысл построить систему понятий, относящихся к геологической хронографии.

Определенное влияние на развитие наук о Земле оказывает учение французского богослова, палеонтолога и палеоантрополога П. Тейяра де Шардена и его многочисленных последователей. Основная проблема, составившая лейтмотив всех исследований тейярдистов, такова: «как примирить любовь к богу и здоровую любовь к миру, стремления к отрешенности и требования развития, а затем как закрепить это примирение»¹⁰.

Пытаясь дать научно обоснованный ответ на этот вопрос, Тейяр не строит умозрительных геологических схем, а опирается на конкретные данные науки, и прежде всего геологии, палеонтологии, сравнительной биологии и палеоантропологии. По его мнению, вся окружающая нас природа развивается на основе закона непрерывного усложнения, действующего в сфере как материального, так и духовного развития. Основными ступенями в процессе непрерывного усложнения развивающейся космической материи — космогенеза — применительно к нашей планете выступают геогенез, вырастающий из него биогенез, который в своем развитии рождает психогенез, а из последнего с появлением человека возникает сфера развивающегося разума — погеноз.

Данная концепция носит стихийно-диалектический характер и глубоко противоречит ортодоксальной христиан-

⁸ См.: Бубнов С. Основные проблемы геологии.— М., 1934, с. 95.

⁹ См.: Wheeler H. E. Time—stratigraphy: Stratigraphic units in space and time.

¹⁰ Teilhard de Chardin P. Srodowisko Boze.— Warszawa, 1964, S. 17.

ской теории творения, отвергающей всякий намек на идею естественного генезиса, последовательного и восходящего развития. Но эта эволюция идет, по мнению Тейяра, по направлению к духу¹¹, и такая направленность характеризует все сферы эволюции, в том числе геосферу, биосферу и ноосферу. Причем последняя располагается над всеми остальными сферами и является якобы «сверхдушой» человечества¹². Тем самым он спиритуализирует и геогенез, который определяется стремлением материи к высшей степени эволюции — геосфере¹³.

Переход от одной сферы к другой характеризуется им не как качественный скачок, качественное преобразование материального объекта, а как некий переход через порог восприятия субъектом развивающейся действительности. Действующим началом этого развития являются не материальные процессы взаимодействия, а некая «психическая», или «радиальная», энергия. Тейяр выделяет и физическую энергию, по, как он заявляет, «по существу всякая энергия имеет психическую природу»¹⁴. Поэтому естественный процесс эволюции, в том числе и геологической, превращается в сверхъестественный. Причиной и движущей силой его является «вселенская любовь», которая якобы приведет к ликвидации различий и противоречий¹⁵.

Из этой концепции автоматически следует вывод об отсутствии необходимости, да и возможности, детального познания геологических процессов, их причин, что явно не соответствует действительности.

Помимо общих вопросов методологии наук о Земле или использования их достижений для доказательства различных идеалистических концепций буржуазные ученые ведут активные исследования конкретных геологических проблем и методов их решения. Так, например, американский исследователь Дж. Маккин выделяет две группы методов: эмпирические и рациональные¹⁶. Первая группа методов предполагает обработку количественных данных явления или процесса и получение конкретного конечного результата в качественном виде. Цель рациональных методов заключа-

¹¹ Teilhard de Chardin P. Le cœur de la matière.— Europe, 1965, N 431/432, p. 105.

¹² См.: Teilhard de Chardin P. Construire la terre.— Paris, 1965.

¹³ Ibid., p. 144.

¹⁴ Тейяр де Шарден П. Феномен человека.— М., 1965, с. 65.

¹⁵ Там же, с. 121.

¹⁶ См.: Mackin J. Rational and empirical methods of investigation in geology.— Fabric. geol., 1963.

ется в познании причинно-следственной связи явлений внутри системы. Указанные методы предполагают объяснение наблюдаемых явлений с помощью рабочих гипотез. В действительности в практике геологического исследования и эмпирические и рациональные методы должны сочетаться, так как рациональное мышление помогает установить общий характер сложной геологической системы, причинно-следственную связь явлений, а эмпирический анализ — выявить отдельные элементы системы.

Западно-германский исследователь Р. Беммелем, отмечая эволюционный характер развития геологических методов, выделяет из них кроме индуктивного, издавна широко используемого в геологии, и дедуктивный метод, который называет прогнозно-диагностическим. Основой многих рабочих геологических гипотез выступают методы сравнительной онтологии и актуалистический. Чрезвычайно широко используется исторический метод, более ограниченно — экспериментальный¹⁷.

Таким образом, краткий обзор проводимых на Западе исследований методологических проблем в науках о Земле позволяет выделить для дальнейшей критики ряд основных направлений, которые можно условно назвать «геохронологическим», «геокозмогенетическим» и исследованием методического аппарата геологии. Общей чертой этих направлений являются идеализм и метафизика.

¹⁷ См.: **Bemmellem R. W., von.** Die Methode in der Geologie.— Mitt. Geol. Ges. Wichl., 1960.

Раздел II

МЕТОДЫ И ПРИНЦИПЫ ЛИТОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИНЦИПА АКТУАЛИЗМА В ЛИТОЛОГИИ И ПАЛЕОГЕОГРАФИИ

*И. Н. ВЕРЗИЛИН, д-р геол.-мин. наук,
Н. А. КАЛМЫКОВА, канд. геол.-мин. наук*

Как известно, в литологии и палеогеографии при выяснении условий осадконакопления или физико-географических обстановок прошлого широко используется принцип актуализма. В соответствии с этим принципом выявление условий образования ископаемых осадков должно базироваться на знании условий накопления сходных современных осадков. Соответственно принимается, что «настоящее — ключ к пониманию прошлого». Действительно, лишь после того, как выяснены причины возникновения тех или иных особенностей современных осадков, можно — при наличии сходных черт в древних отложениях — делать предположения об условиях их образования. Можно считать, что принцип актуализма — при выяснении условий образования многих древних отложений — прошел испытание временем. И в этом смысле нельзя не согласиться с Н. М. Страховым¹, последовательно отстаивавшим идею о том, что главным фактором изменения взглядов на общий ход литогенеза является прогрессирующее расширение и углубление знаний о процессах современного осадкообразования. Действительно, созданное им учение о климатических типах литогенеза в значительной мере было основано на данных о закономерностях современного осадочного процесса.

Однако если задаться целью выяснить роль принципа актуализма в современной геологии, то, видимо, она уже не может быть значительной. Действительно, в последние годы стала вполне очевидной существенная эволюция (развитие) геологических процессов. Не случайно большой коллектив ученых СО АН СССР, возглавляемый А. Л. Яншиным, уже многие годы развивает формационное направление познания

¹ См.: **Страхов Н. М.** Развитие литогенетических идей в России и СССР. Критический обзор.— М., 1971.

Принципиальная схема изменения воздействия животного вещества

Биосфера	Основные рубежи эволюции, млрд. лет	Возникновение фотосинтезирующих организмов, 4—3,5
	Тип	Эмбриональная восстановительная
	Распространенность	Водная масса водоемов глубже 10 м
Факторы воздействия живого и захороненного органического вещества на условия литогенеза	Среда водоемов	Восстановительная, в зоне фотосинтеза — с «пятнами» окислительной; в основном кислая
	Атмосфера	Восстановительная
	Среда на суше	Восстановительная; кислая
	Основные условия, лимитирующие рост живого вещества	Солнечная энергия или элементы минерального питания
	Количество продукции живого вещества	Большее, чем в современных океанах; интенсивное в мелководных (но глубже 10 м) участках водоемов, с резкими колебаниями в пространстве и времени из-за изменения глубин
	Основные зоны воздействия живого вещества на литогенез	Дно водоемов глубже 10 м (и ниже зоны фотосинтеза, так как участвовало и хемогенное органическое вещество)
	Воздействие живого и захороненного органического вещества на осадки и породы	Очень слабое на осадки (только на отлагавшиеся в водоемах глубже 10 м) и очень сильное при катагенезе и особенно при метаморфизме

па литогенез в связи с эволюцией биосферы

Возникновение кислородной атмосферы, 2,2—2	Возникновение устойчивого озонового слоя у поверхности Земли, 0,57	Возникновение озонового слоя на удалении от поверхности Земли, 0,49
Эмбриональная окислительная	Юная	Зрелая
Водная масса водоемов глубже 10 м	Весь объем водоемов	Практически вся поверхность Земли
Окислительная, на дне глубже 10 м восстановительная и окислительная; в основном щелочная	Окислительная, на дне окислительная и восстановительная; в основном щелочная	Окислительная, на дне окислительная, реже — восстановительная; в основном щелочная
Окислительная	Окислительная	Окислительная
Окислительная; щелочная	Окислительная; щелочная	Окислительная, реже восстановительная; кислая, реже щелочная
Солнечная энергия	Элементы минерального питания, реже солнечная энергия	Элементы минерального питания
В целом большее, чем в предыдущий этап; остальные особенности те же, что раньше	В целом большее, чем в предыдущий этап; наиболее интенсивное в приповерхностной зоне водоемов; относительно устойчивое в пространстве, но очень изменчивое во времени	В целом меньшее, чем в предшествующие этапы; наиболее интенсивное на суше; очень изменчивое в пространстве и меньше во времени
Дно водоемов глубже 10 м, но обычно не глубже зоны фотосинтеза	Все дно водоемов, по интенсивное лишь в пределах зоны фотосинтеза	Вся поверхность суши и дна водоемов, но интенсивное в гумидных зонах суши и прибрежных зонах водоемов
Более сильное и неравномерное на осадки (только в водоемах глубже 10 м) и более слабое при катагенезе и особенно при метаморфизме	Повсеместное на дне водоемов, но очень неравномерное; в целом более сильное на осадки и менее при катагенезе и метаморфизме, чем в предыдущий этап	Повсеместное на суше и на дне водоемов, но крайне неравномерное; очень интенсивное при мобилизации осадочного материала и ослабленное на других стадиях литогенеза

эволюции геологических процессов². Различные аспекты эволюции геологических процессов обсуждались в последнее время на ряде всесоюзных совещаний и особенно на XII Всесоюзном литологическом совещании в 1981 г., посвященном проблемам эволюции осадочного процесса³.

Необратимость эволюции осадочного процесса и физико-географических обстановок на поверхности Земли в настоящее время представляется все более достоверной. Характерно, что изменения физико-географических условий осадконакопления в истории Земли нередко связываются с эволюцией биосферы⁴, причем эволюция геологических процессов, и прежде всего осадконакопления и его палеогеографических обстановок, не считается процессом совершенно равномерным, но подразделяется на ряд этапов, разграниченных качественными, революционными, рубежами⁵ (см. таблицу).

Таким образом, в самом познании геологического прошлого, а значит, в методологии геологической науки выявлено несомненное диалектическое противоречие, вызванное именно эволюцией геологических процессов. С одной стороны, принимается, что о геологическом прошлом мы можем судить на основе использования принципа актуализма или сравнительно-литологического метода. С другой стороны, признание эволюции геологических процессов как бы само по себе исключает использование принципа актуализма для выявления особенностей отдаленных во времени геологических событий.

Необходимо подчеркнуть, что в геологии эволюция обычно понимается как синоним развития. При этом всегда имеется в виду эволюция какого-либо конкретного явления или процесса. Если мы обратимся к геологическому словарю⁶, то встретим в нем термины «эволюция атмосферы», «эволюция гидросферы», «эволюция биологическая», «эволюция диагенеза», «эволюция жизни», «эволюция карбонатакоп-

² См.: Эволюция литогенеза в истории Земли.— Новосибирск, 1981; Проблемы эволюции геологических процессов.— Новосибирск, 1981; Анатольева А. И. Главные рубежи эволюции красноцветных формаций.— Новосибирск, 1978; Жарков М. А. История палеозойского соле-накопления.— Новосибирск, 1978.

³ См.: Эволюция осадочного процесса на континентах и океанах. Тезисы докладов XII Всесоюзного литологического совещания.— Новосибирск, 1981.

⁴ См.: Верзиллин Н. Н. Методы палеогеографических исследований.— Л., 1979.

⁵ Фейрбридж Р. В. Карбонатные породы и палеоклиматология в биохимической истории планеты.— В кн.: Карбонатные породы. Генезис, распространение, классификация. М., 1970, с. 357—386.

⁶ См.: Геологический словарь.— М., 1973.

ления» и т. п. Словосочетаний же, в которых вместо «эволюция» стояло бы «развитие», в геологическом словаре нет. Это означает, что они не приняты в геологии и не рекомендуются к использованию.

Поскольку в геологии эволюция и развитие понимаются как синонимы, те необходимые черты, которые, согласно материалистической диалектике, присущи развитию, с полным правом можно отнести и к эволюции в геологическом ее понимании. Так, если соглашаться с определением: «Развитие — последовательность таких необратимых количественных и качественных изменений системы взаимодействующих объектов, которые складываются в общую направленность изменений этой системы за ее собственное историческое время»⁷, то естественным должно быть заключение о малой пригодности принципа актуализма для познания геологической истории. Такой вывод, казалось бы, подкрепляет и следующее суждение: «К числу наиболее общих законов, определяющих специфическую особенность историко-геологического процесса, относится закон необратимого развития земной коры и Земли в целом. Общей закономерностью является также ускорение геологического развития Земли»⁸.

Отмеченное противоречие находит отражение и во взаимоотношающих, в сущности, оценках возможности применения принципа актуализма в геологии. Так, можно встретить утверждение, что «исследования современного осадкообразования в водоемах без определенных поправок нельзя привлекать для объяснения процессов осадконакопления прошлого, ибо оно во многом происходит в других условиях (иной состав атмосферы, солевой режим водоема, иная роль организмов и т. д.). И более того, некоторые геологические образования прошлого не имеют аналогов в современных процессах»⁹. Однако в той же работе сказано: «Результаты изучения современных процессов переносятся по аналогии на прошлые процессы, что позволяет восстанавливать историю нашей планеты. Возможность такого переноса основана на действии единых геологических законов, на преемственности развития, на сходстве причин, имеющих близкие след-

⁷ Материалистическая диалектика как общая теория развития.— М., 1982, с. 295.

⁸ Материалистическая диалектика. Т. 3. Диалектика природы и естествознания.— М., 1983, с. 141—142.

⁹ Назаров И. В. Методология геологического исследования.— Новосибирск, 1982, с. 120—121.

ствия»¹⁰. Правда, тут же констатируется, что правомочность заключения о сходстве причин на основе сходства следствий осложняется конвергенцией явлений¹¹.

Рассматриваемое противоречие обнаруживается не только в философских трудах, посвященных методологическим вопросам, но и в исследованиях, посвященных чисто геологическим проблемам. В палеоклиматологии, например, уживаются следующие две точки зрения: 1) единственной методологической основой палеоклиматических реконструкций является принцип актуализма и 2) за геологическое время произошли значительные изменения климатических условий. Так, В. М. Силицын не раз подчеркивал: «Изучение древних климатов невозможно без учета данных и положений науки о современном климате. Только по аналогии с современными климатическими процессами можно составить представление о характере климатов прошлого. Климат, как всякий другой природный комплекс, развивается длительно и устойчиво, поэтому основные закономерности, установленные для современного климата, могут быть распространены на климаты мипувших эпох и использованы при их реконструкции»¹². Но вместе с тем он отмечал, что, хотя современный климат является ключом к пониманию климатов прошлого, аналогии древних климатов с современными имеют свои границы, поскольку в историческом развитии Земли все природные процессы, включая и климатические, последовательно изменялись¹³. В итоге В. М. Силицын пришел к заключению, что «сравнение с современными климатическими условиями выветривания и осадконакопления и основанные на этом сравнении количественные оценки элементов климата прошлого надежны только для кайнозоя и мезозоя. Уже для палеозойских объектов сопоставления с современными климатическими условиями оказываются менее определенными, а в отношении еще более древних образований вообще неприменимыми»¹⁴.

В методологическом отношении представляются очень интересными материалы, полученные В. М. Силицыным в последние годы его жизни и нашедшие наиболее полное отражение в его книге «Природные условия и климаты

¹⁰ Назаров И. В. Методология геологического исследования.— Новосибирск, 1982, с. 64—65.

¹¹ Там же, с. 65.

¹² Силицын В. М. Введение в палеоклиматологию.— Л., 1967, с. 8—9; Он же. Введение в палеоклиматологию. 2-е изд.— Л., 1980, с. 9.

¹³ См.: Силицын В. М. Введение в палеоклиматологию. 1-е, 2-е изд.

¹⁴ Силицын В. М. Введение в палеоклиматологию. 2-е изд., с. 22.

территории СССР в раннем и среднем кайнозое»¹⁵. Полагая, что относительно точная количественная оценка элементов палеоклимата возможна только для кайнозоя, в отложениях которого встречаются остатки тех же растительных ассоциаций и тех же продуктов выветривания, которые известны ныне, В. М. Сипицын, последовательно используя метод аналогий, произвел детальные реконструкции климата раннего и среднего кайнозоя территории СССР. И эти исследования, основанные на ортодоксальном актуализме, позволили ему выявить существенные эволюционные изменения климата даже на протяжении кайнозоя. По-нашему мнению, наибольший научный и методологический интерес представляет обоснованная В. М. Сипицыным идея о том, что до среднего кайнозоя в результате изотермического режима циркуляция атмосферы была вялой. Вследствие этого испаряющаяся влага большей частью конденсировалась и выпадала дождями вблизи от мест испарения, не подвергаясь, как ныне, дальней транспортировке воздушными течениями.

Представляется, что, хотя эта идея еще ждет своей полной палеоклиматической интерпретации, уже сейчас можно говорить о ее плодотворности, так как она подтверждается отмечаемыми иногда признаками существования в прошлом ярко выраженных микроклиматических обстановок внутри или вблизи достаточно крупных внутриконтинентальных водоемов. Такие признаки были известны и раньше, однако в достоверности их нередко сомневались на том основании, что для современной эпохи тождественные микроклиматические проявления не характерны. Сейчас же стало вполне очевидным, что в геологическом прошлом на поверхности Земли существовали микроклиматы, которые часто были более резко выражены, чем в настоящее время, обуславливая в соответствующих районах не только своеобразие органического мира, но подчас даже и процессов литогенеза¹⁶.

Результаты изучения мел-палеогеновых отложений Зайсанской впадины показали, что коры выветривания, развитые на палеозойских породах, присутствуют во всех случаях палеогения отложений северозайсанской свиты (маастрихт — ранний эоцен) на палеозойские толщи. На территории Зай-

¹⁵ См.: Сипицын В. М. Природные условия и климаты территории СССР в раннем и среднем кайнозое.— Л., 1980.

¹⁶ См.: Верзилин Н. Н. Проблемы микроклиматов в палеогеографии.— В кн.: Проблемы палеогеографии и палеоклиматологии. Л., 1982, с. 31—41; Он же. Палеоклиматическое значение мел-палеогеновых кор выветривания Зайсанской впадины.— В кн.: Литология и палеогеография. Л., 1981, с. 85—98.

санской впадины в конце мелового периода, до возникновения в пределах ее обширного озерного водоема, были широко распространены коры выветривания монтмориллонитового типа, развитые на различных по составу палеозойских породах, что является геохимическим показателем существования на всей территории аридного климата. Однако позже, после возникновения палеозайсана, в раннем эоцене, на фоне общей аридности климата в восточной части Северного Приайсая формировались уже каолинитовые или галлуазитовые коры выветривания. В это время различался и характер озерных осадков. По южной окраине озера накапливались гипсоносные глинистые осадки, в основном монтмориллонитовые, а по северной — глинистые осадки без признаков гипсоносности каолинитового состава¹⁷.

Отмеченные различия обуславливались, вероятно, тем, что после возникновения обширного озерного бассейна и вследствие преобладания над ним ветров, дувших на восток-северо-восток, на территории восточной части Северного Приайсая возник более влажный микроклимат, по сравнению с климатом, характерным для южной половины впадины и ее обрамления.

В настоящее время установлено, что самого тщательного изучения современных географических обстановок недостаточно для заключения об условиях образования древних осадочных толщ и реконструкции палеогеографии прошлых геологических эпох. Так, известно, что единственным крупным объектом современного соленакопления является типичная лагуна Кара-Богаз-Гол. Другие же площади соленакопления представляют собой или внутриконтинентальные впадины, или мелководные лагуны морских побережий. Это породило представление о том, что все древние солончатые отложения образовались в мелководных лагунах. Однако теперь известно множество данных, подтверждающих тот факт, что древние солончатые бассейны в географическом смысле были не лагунами, а крупными эпиконтинентальными морями, широко сообщавшимися с Мировым океаном и нередко имевшими большие глубины¹⁸.

Не менее показательны красноцветные и пестроцветные толщи. В настоящее время апалогичные отложения не образуются. В прошлом же они нередко возникали на гро-

¹⁷ См.: Верзилли Н. Н. Палеоклиматическое значение...

¹⁸ См.: Яншин А. Я. Предисловие к кн.: Анатольева А. И. Домезозойские красноцветные формации.— Новосибирск, 1972, с. 5—12.

мадных территориях и ландшафты красноцветообразования были очень характерны для нашей планеты¹⁹.

Не образуются в современных условиях и аналоги древних палыгорскит- и сепиолитосодержащих толщ, весьма характерных для некоторых этапов развития Земли²⁰. Так, изучение литологии терригенных палеозойских толщ западной части Архангельской области выявило широкое распространение в верейском и каширском горизонтах среднего карбона палыгорскитовых глин²¹, генезис которых не может быть расшифрован при актуалистическом подходе.

Не только необратимость эволюции физико-географических условий и процессов осадконакопления с ходом геологической истории делает невозможным широкое использование принципа актуализма в фациальных и детальном палеогеографических исследованиях. Не меньшим, вероятно ограничивающим, фактором является и то, что современные осадки, в отличие от древних пород, еще не прошли даже стадии диагенеза, не говоря уже о последующих стадиях изменения пород. Во время же диагенеза осадки, даже обломочные, могут существенно изменяться. Хорошо, например, известно, что состав обломочных компонентов современных алевритопесчаных осадков весьма отличен от обычного состава аналогичных древних отложений. Причем эти изменения у тяжелых минералов часто имеют не только количественный, но и качественный характер, что вызывает общее резкое обеднение комплекса минералов. Имеются свидетельства и того, что при диагенезе дезинтеграция неустойчивых в химическом отношении минералов в осадках может приводить к потере 20—40% песчаных зерен. Следовательно, даже структурные особенности современных и древних алевритопесчаных отложений, образовавшихся в одинаковых условиях, могут значительно различаться. Еще в большей мере могут изменяться при диагенезе и последующих стадиях преобразования пород структурные особенности и состав глинистых минералов, а тем более различных хемогенных и органогенных компонентов осадочных толщ.

В связи с большим воздействием процессов диагенеза на формирование особенностей состава глинистых минералов

¹⁹ См.: Анатольева А. И. Главные рубежи эволюции красноцветных формаций.

²⁰ См.: Ломова О. С. Палыгорскиты и сепиолиты как индикаторы геологических обстановок.— М., 1979.

²¹ См.: Калмыкова Н. А., Гонтарев Е. А., Суслов Г. А. Палыгорскитовые глины в отложениях среднего карбона западной части Архангельской области.— Вестн. ЛГУ. Геология и география, 1982, № 24, с. 66—68.

есть основания считать, что выводы о связи их состава в современных осадках с физико-географическими условиями на водосборных площадях или составом выносимого с суши материала не могут быть просто перенесены на древние объекты. Сходные с современными ассоциации глинистых минералов в древних породах могут соответствовать иным физико-географическим условиям осадконакопления. Другими словами, сходство следствий (состава) отнюдь не означает сходства причин (условий образования). Напротив, отличающиеся от современных ассоциации могут быть встречены в породах, образовавшихся из осадков, накапливавшихся в обстановках, близких к современным.

Таким образом, судить об условиях образования глинистых минералов древних толщ необходимо на основании выявления закономерностей изменения состава этих минералов во времени и в пространстве, выяснения общности или различия между ними и вероятным составом выносившегося во время осадконакопления из областей сноса пелитового материала.

Следует подчеркнуть, что если глинистые минералы современных осадков в основном несут информацию о глинистой составляющей прилежащих водосборов, то глинистые минералы древних пород — об условиях формирования этих пород. Именно в связи с этим приемы палеогеографической интерпретации состава глинистых минералов не могут быть аналогичными приемам выяснения генезиса глинистых минералов современных осадков.

На то, что состав глинистых минералов в древних породах часто определяется в основном обстановками осадконакопления, контролировавшими направленность диагенетических изменений, а характер самих обстановок в конечном счете был производным от климата, указывает нередкая почти мономинеральность глинистого материала отдельных пластов и прослоев и изменчивость их общего состава по разрезу. Эта особенность очень четко проявилась в девон-каменноугольных обломочных и глинистых породах западной части Архангельской области. В разрезе этих отложений смена преобладающих глинистых минералов или их ассоциаций прослеживается весьма отчетливо и, несомненно, вызвана климатическими изменениями²².

²² См.: Калмыкова Н. А., Суслов Г. А., Гонтарев Е. А. Литологические показатели изменения палеоклиматов в девонском и каменноугольном периодах на территории юго-западной части Архангельской области.— Вестн. ЛГУ. Геология и география, 1983, № 18, с. 78—81.

Определяющее влияние диагенетических процессов на формирование глинистых минералов древних отложений, например, выявилось при изучении меловых и юрских отложений Ферганской впадины. Оказалось, что в разных участках единого водоема при диагенезе происходило образование неодинаковых глинистых минералов и что глинистые минералы, образовавшиеся в корках выветривания, в общей массе глинистых минералов осадочных толщ занимают явно второстепенное место. Более того, выяснилось, что особенности минерального, и прежде всего химического, состава пелитового материала отложений обуславливались в основном обстановками осадконакопления, а не характером выносимого из корок выветривания терригенного материала. Эта закономерность особенно четко проявилась в том, что в изученных объектах происходило обогащение пелитового материала некоторыми из элементов, содержание которых по профилю корок выветривания уменьшалось, и, наоборот, обеднение теми, которые в корках накапливались²³. Например, при выветривании в юрском периоде (в обстановке гумидного климата) формировавшийся на водосборах материал резко обогащался железом, существенно — марганцем и незначительно — алюминием. Пелитовый же материал юрских пород, наоборот, был резко обогащен алюминием и обеднен железом и марганцем. В меловом же периоде (в аридном климате) остаточный материал корок выветривания относительно обеднялся железом, а в пелитовом материале меловых пород его содержание увеличилось.

Говоря об ограниченности принципа актуализма, нельзя не отметить и следующее. Применение принципа актуализма невольно предполагает, что современная эпоха геологически «нормальна», т. е. что она была типична для большей части геологической истории Земли. Однако это не так. Как подчеркивал Р. В. Фейербридж²⁴, в настоящее время Земля переживает межледниковую стадию завершающейся «ледниковой» эпохи. Поэтому климат последнего миллиона лет — это исключительный и нетипичный климат. О том, насколько иными, по сравнению с современными, могли быть условия осадконакопления в прошлом, можно сделать заключение, в частности из следующего. Согласно данным

²³ См.: Верзилин Н. Н. Закономерности аридного литогенеза и методы их выявления (на примере меловых отложений Ферганы). — Л., 1975.

²⁴ Фейербридж Р. В. Карбонатные породы...

изучения палеотемператур изотопным методом, температура в глубоководных частях океана даже в палеогеновое время была по меньшей мере около 8°C . В современную же эпоху она здесь составляет всего лишь около $1-2^{\circ}\text{C}$. По имеющимся оценкам, во время геологически «нормального» палеоклимата в средних широтах температура воды в океане и воздухе была выше, чем сейчас, на 10°C , в экваториальной зоне — на $3-5^{\circ}\text{C}$, а в полярных областях — на 20°C ²⁵.

Таким образом, поскольку возможности использования в литологии и особенно в палеогеографии принципа актуализма ограничены, особое значение приобретает метод аналогии. Суть его в выявлении как сходства объектов, изученных с разной степенью детальности, так и их различий²⁶.

Совершенно очевидно, что применение принципа актуализма изучения самых древних осадочных отложений и сформировавших их процессов имеет свои пределы. Вместе с тем возможности принципа актуализма, особенно при изучении отложений не столь отдаленных эпох, поистине огромны, поскольку только этот принцип базируется на прямом изучении геологических процессов, протекающих на глазах человека.

ТОЧНОСТЬ МЕТОДОВ ЛИТОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Р. Т. ЯРОВИКОВА, канд. филос. наук

Возможность постановки и адекватного решения проблем в значительной степени определяется корректностью категориально-понятийного аппарата и методов, используемых в данной науке. Точность применяемых понятий и методов необходима не только на конкретно-научном, но и на методологическом уровне исследования. Это особенно важно для наук формирующихся, каковой в настоящее время является и литология. Актуальность исследования проблемы точности определена логикой развития научного знания. Известно, что процесс познания чрезвычайно осложнен многоаспектностью решаемых проблем, противоречивостью формирующихся видов связей при переходе от не-

²⁵ Фейрбридж Р. В. Карбонатные породы...

²⁶ Подробнее об этом см.: Верзилин Н. Н. Методы палеогеографических исследований.

полного знания к более полному, от менее точного к более точному.

Представление о точности формировалось в процессе предметно-практической, духовно-практической и теоретической деятельности человека, направленной на освоение мира и самосозидание, причем определяющим фактором была практика. По мере развития научного познания человек переходит от тех представлений о точности, которые у него сложились на уровне интуитивно-обыденных видов знания или даже просто веры, к научно обоснованным. Однако сложный характер и несовершенное философское обоснование самого феномена точности привели к односторонней трактовке сущности данного явления: почти все частно-научное познание отождествило понимание точности с тем, которое предлагалось в математике. Это отождествление обусловлено также широким признанием математики и экстраполяцией математического идеала знания на все остальные науки. Математическая точность стала служить образцом точности большинства конкретных наук. Но так как эти науки отличны от математики, и прежде всего своим содержанием, то, естественно, понимание точности в них не могло не войти в противоречие с математическим. Появилась необходимость выявить специфику понятия «точность» в конкретных науках, для чего понадобилось его философское, прежде всего гносеологическое, осмысление. Это определялось потребностями не только теории, но и практики.

В результате исследования сущности данного понятия выяснилось, что «точность — это мера абсолютной истинности множества знаний о данном предмете»¹. Таким образом, точность есть характеристика соответствия научного знания исследуемому объекту. Опираясь на принятое понимание точности, обратимся к исследованию проблемы точности применительно к литологии и ее методам. Методологической основой решения этой проблемы могут служить, на наш взгляд, результаты анализа следующих вопросов: об общем и особенном в природе точности методов литологического исследования, о специфике точности методов литологического исследования, о взаимосвязи точности с идеалом научного метода.

Выявление общего и особенного в природе точности методов литологического исследования можно провести двумя

¹ Сагатовский В. П. «Точность» как гносеологическое понятие. — Философские науки, 1974, № 1.

способами. Первый заключается в соотношении понимания точности в литологии с представлениями о точности в других частных науках, а также с философской интерпретацией данного феномена. Кроме того, необходимо сопоставить содержание понятия «точность» в литологии с содержанием этого понятия в математике. Данный способ выяснения общего и особенного в природе точности литологического исследования дает возможность непосредственно использовать отдельные стороны понятия точности, разработанного в рамках какой-либо другой науки, и на этой основе уточнить сущность и содержание этого понятия в литологии.

Вторым способом выявления общего и особенного в содержании понятия «точность» в литологическом исследовании является анализ возможностей выведения характеристик точности с точки зрения гносеологического, метрического, логического, семантического и прагматического аспектов знаний². На этой основе можно выявить аддитивность и неаддитивность точности³.

Специфика понятия точности методов литологического исследования определяется непосредственно спецификой предмета исследования. Связь понятия точности метода с предметом исследования осуществляется через понятие правильности. В последнее с необходимостью включается понятие правильности действий субъекта, которое рассматривается как критерий соответствия действий субъекта избранному методу.

Следующий вопрос, который необходимо рассматривать при осмыслении проблемы точности методов литологического исследования, касается связи понятия точности с понятием идеала научного метода. Под идеалом метода мы понимаем мысленный образ, к которому стремится ученый в процессе выбора научного метода, его совершенствования и использования. Среди критериев идеала научного метода — истинность, точность, рациональность, красота и т. д. Все они находятся в тесной связи между собой, но роль их в системе идеала не одинакова и определяется практическими потребностями. Если взять для сравнения три критерия идеала научного метода — истинность, точность и красоту, то определяющим критерием будет истинность, производным от ее характеристик является точность и последнее

² См.: Осипов Л. В. Точность научного знания как гносеологическая и мировоззренческая проблема. Автореф. канд. дис. — Иркутск, 1983.

³ Подробнее см.: Сагатовский В. Н. Точность как гносеологическое понятие.

место занимает критерий красоты, т. е. вопрос о красоте научного метода, его изяществе решается не сам по себе, а в необходимой связи с истинностью и точностью метода.

Применительно к литологии высказанные выше суждения конкретизируются следующим образом. Поскольку объект литологии представляет собой достаточно сложное образование, это определяет необходимость комплексного подхода к его изучению. В литологическом исследовании активно применяются литологические, петрографические, минералогические, химические, физико-химические и другие методы. Как правило, эти методы используются в соответствии с существующими уровнями методологического анализа. Среди методов общенаучного характера — системный метод и метод моделирования, среди специальных — группа литолого-петрографических методов (поляризационная и электронная микроскопия, гранулометрический анализ, статистические методы и т. д.), группа минералого-геохимических и физических (разделение с помощью центрифугирования, электромагнитной сепарации и т. д.), группа собственно геохимических методов (классический химический анализ, химический микроанализ, электрохимические методы).

Необходимость рассмотрения проблемы точности методов литологического исследования определяется, с одной стороны, тем, что методы, применяемые в литологическом исследовании, не всегда достаточно точны. Так, с помощью метода инфракрасной спектроскопии можно фиксировать лишь основные модификации минералов, остальные же не поддаются выявлению или фиксируются чрезвычайно слабо. В сравнении с этим методом более точным является рентгеноструктурный анализ, однако и его нельзя считать абсолютно точным, так как с его помощью невозможно адекватно исследовать рентгеноаморфное вещество (например, халцедон оказывается неотличимым от кварца). Химический анализ, имеющий большие преимущества перед другими методами, также не способен дать исследователю всецело точную информацию.

Несмотря на то, что исследователи имеют достаточно полное представление о возможностях и недостатках каждого метода, они не могут их не использовать. И объясняется это прежде всего отсутствием более результативных, более точных методов. Но вместе с тем постоянно решается вопрос о способах повышения точности методов познания и исследования: Одним из эффективных путей выбора оптимального метода может быть классификация всех существ-

вующих методов в применении к конкретной ситуации. Основанием подобной классификации является информативность. Так, при исследовании флювиогляциальных образований Эстонской ССР использовались 12 лабораторных и полевых методов. Наиболее информативными для всех направлений исследований оказались гранулометрический, петрографический и минералогический. Анализ показал, что наименее информативными надо считать спектральный анализ, определение морфологии минеральных зерен. Остальные методы имеют значение только для какого-нибудь одного направления⁴. Применение оптимальных методов поднимает эффективность научных исследований и позволяет исследователю работать с большей отдачей.

Другой пример касается использования системного подхода. Известно, что оценка коллекторских и экранизирующих свойств нефтегазоносных пород определяется в настоящее время в основном по величине их пористости и проницаемости. Но сами эти характеристики являются интегральными, зависящими от ряда особенностей конкретной породы. Поэтому, прежде чем приступить к исследованию, необходимо предварительно установить природу пористости и проницаемости. Методом, создающим возможность подобного рода апробации, исследователи считают системный⁵.

Наиболее эффективным способом повышения точности исследований является разработка методов, позволяющих сокращать этапы реального процесса исследования. Одним из таких методов исследователи считают метод количественной оценки формы песчаных зерен. Благодаря использованию этого метода исследователь сразу может оценить форму трехмерного тела, а не одной ее проекции, как это было при использовании визуальных методов. Кроме того, данный метод позволяет рассматривать форму как единое целое, а не как сумму параметров. Достоинством метода является также его воспроизводимость и формализуемость⁶.

В общем виде конкретные пути совершенствования научных методов следующие: 1) углубление результатов исследова-

⁴ См.: Калм В., Раунас А. К оптимальной методике исследования флювиогляциальных отложений.— Изв. АН ЭССР. Сер. геол., 1983, № 4.

⁵ См.: Кляровский В. М., Пилип Й. Г. О рациональной системе применения литологических и порометрических критериев для оценки коллекторских и экранизирующих свойств нефтегазоносных пород.— В кн.: Системный подход в геологии. М., 1983.

⁶ См.: Зильберштейн А. Х., Кашин Д. С., Ромм Г. М. Метод количественной оценки формы песчаных зерен.— Литология и полез. ископаемые, 1983, № 4.

дований предмета литологии, более корректное представление его объекта; 2) детальное осмысление правильности использования метода и его истинности; 3) укрупнение исследовательских циклов, а при необходимости детализация его отдельных аспектов; 4) использование общих форм и методов познания в процессе создания программ — стратегий исследования; 5) широкое использование приближенных методов в исследовательской практике литолога; 6) применение классификации и типологии методов, находящихся применение в литологии; 7) корректирование определений, а также всего остального понятийного аппарата проблемы; 8) совершенствование техники и методики исследования.

Уже этот перечень путей усовершенствования научных методов в литологическом исследовании может определить возможность широкого сотрудничества не только представителей конкретных наук, но и философии. Проблема точности методов литологического исследования — одна из тех комплексных проблем, которая, по сути дела, вынуждает специалиста частной науки подняться на уровень философского осмысления проблемы, создающего ему возможность более адекватно понять гносеологическое, методологическое и мировоззренческое значение проблемы. В то же время ознакомление с исследовательской лабораторией литолога может помочь методологу не только осмыслить накопленный наукой материал, но и привести к постановке нетрадиционных проблем.

РОЛЬ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ МЕТОДОВ В ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

У. Г. ДИСТАНОВ, д-р геол.-мин. наук,

Ю. В. СЕМЕНТОВСКИЙ, д-р геол.-мин. наук

В строении любой осадочной толщи, ее литологическом составе интегрируется с большей или меньшей полнотой воздействие всей совокупности факторов седиментации. Вполне очевидно, что основные региональные закономерности строения осадочных толщ определяются общей направленностью длительно действующих геологических процессов в пределах крупных блоков земной коры. В конкретных разрезах эти закономерности проявляются через совокупность частных, местных, случайных признаков, отражающих климатические, палеогеографические, физико-химические и другие особенности отдельных участков об-

ласти седиментогенеза. Из сказанного ясно, что распределение осадков в областях седиментации подчиняется стохастическим процессам, а это дает основание применить для их анализа приемы математической статистики. Задача заключается в том, чтобы найти простейший способ количественно отразить какую-либо функцию тех событий, которые привели к формированию изучаемой осадочной толщи.

Методы математической статистики уже давно широко применяются для решения различных геологических задач. Однако при этом далеко не всегда имеется полная уверенность в действительной необходимости тех или иных сложных вычислений, которые все более абстрагируются от реальных объектов. Да и разбираться в этих расчетах достаточно основательно могут пока не все геологи. В то же время некоторые элементарные способы расчетов, дающие вполне приемлемые результаты, иной раз забываются и выпадают из нашего методического арсенала. Поэтому имеет смысл рассмотреть простейшие приемы использования количественных данных в литологических построениях.

В практике составления литофациальных карт предусматривается использование данных о количественном содержании и соотношении различных пород в разрезах. На этом основании выносится суждение о наличии или отсутствии в каждом данном пункте определенных комплексов пород, отображаемых на карте соответствующими знаками. Границы фациальных зон проводятся между участками, покрытыми одинаковыми знаками, уже без учета конкретного содержания и соотношения пород в каждой точке. Таким образом, значительная часть количественной информации остается неиспользованной.

Для повышения информативности и достоверности литофациальных, палеогеографических карт и других построений как в нашей стране, так и за рубежом давно предпринимались многочисленные попытки использования вспомогательных литологических функций и коэффициентов, которые могли бы, с одной стороны, в абстрагированном виде выразить определенный комплекс признаков осадочной толщи, а с другой — акцептировать внимание на тех из них, которые представляют определенный интерес для решения поставленной конкретной задачи.

Исходным материалом во всех подобных построениях является «литологический спектр», т. е. выраженная в процентах суммарная мощность слоев каждой породы (группы пород или их разновидностей) в отдельном разрезе изучаемой

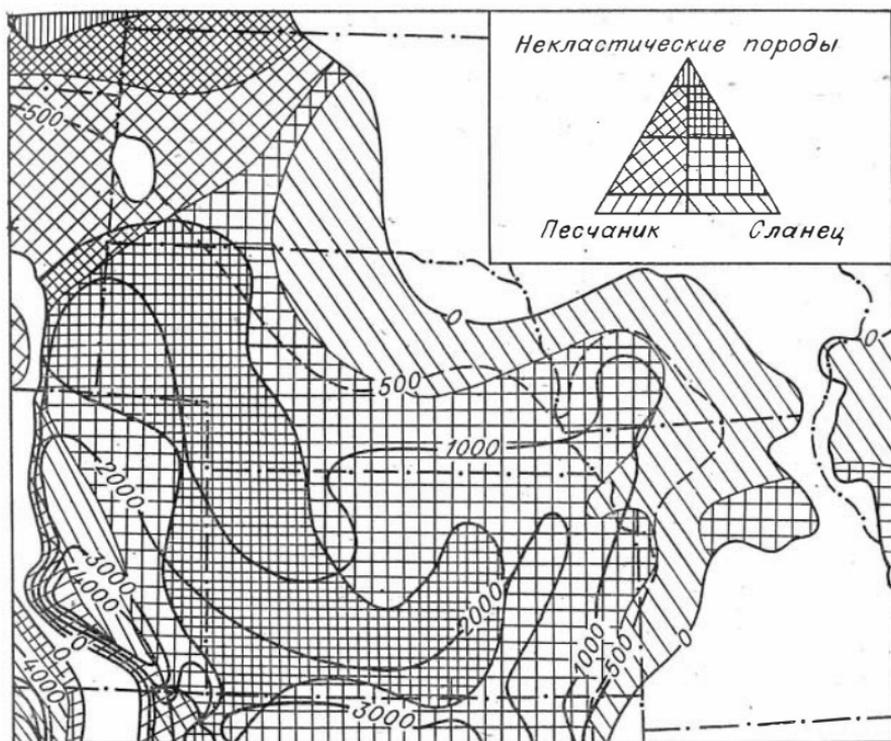


Рис. 1. Литофацiальная карта пенсильванской системы, основанная на значениях коэффициента кластичности и песчано-сланцевого коэффициента (по Крамбейну и Слоссу).

мой толщи, как правило ограниченной определенными стратиграфическими уровнями. С помощью различных индексов литологический спектр преобразуется в числовые коэффициенты, модули, которые и используются при картировании и других операциях. Важно подчеркнуть, что все подобные расчеты требуют обычно минимального объема простейших вычислений.

Формализация построения литофацiальных карт впервые была предложена американскими исследователями В. К. Крамбейном¹, К. Б. Ридом и Г. Х. Вудом² и затем широко использована при картировании подразделений не-

¹ См.: Krumbein W. C. Lithofacies maps and regional sedimentary-stratigraphic analysis.—Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 1948, v. 32, N 10.

² См.: Read C. B., Wood G. H. Distribution and correlation of Pennsylvanian rocks in late Paleozoic sedimentary basins of northern New Mexico.— Jour. of Geol., 1947, v. 55.

гея на значительной части Северо-Американского континента. Эта методика основана на обособлении трех групп пород: песчаников с конгломератами, глин с алевролитами, нетерригенных (биохемогенных) пород — и расчете «кластического» и «песчано-глинистого», а в необходимых случаях и других отношений («эвапоритового» и др.). Рассчитанные отношения наносятся на карты в виде двух систем изолиний, пересечения которых обособляют литологические комплексы определенного состава, что можно показать на треугольной диаграмме (рис. 1).

Иную классификацию, с более четким обособлением монокомпонентных и промежуточных пород, применил К. Р. Пелто³. На карту при этом наносятся изолинии так называемой классификационной функции.

Ряд интересных разработок, основанных на пересчетах литологических спектров разрезов, имеется в отечественной практике составления литофациальных карт. Одним из вариантов является простой способ расчета «модулей литологического состава» (литомодулей⁴). Для осуществления расчета естественный генетический ряд осадочных пород как производное процесса осадочной дифференциации вещества обозначается условными числовыми индексами: 0 — конгломераты, 1 — песчаники, 2 — алевролиты, 3 — глины, 4 — мергели, 5 — известняки, 6 — доломиты, 7 — сульфаты кальция, 8 — галит, 9 — эвтонические соли. Для промежуточных разностей пород возможно введение дробных индексов. Используя литологические спектры, по формуле средневзвешенного определяют литомодули каждого полного разреза изучаемого подразделения. По этим литомодулям обычными приемами строится карта изолиний литомодулей (рис. 2).

Универсальность индексации ряда пород, принятой при расчете литомодулей, подтверждается достаточно хорошим согласованием ее с другими шкалами. Так, между индексацией (I) и ранговыми номерами (P) А. Б. Вистелиуса имеется простое соотношение: $I = 3,1 - P : 14$. Для хемогенной части ряда, в зависимости от условной солености (S), применимо выражение: $I = 3,2 + 3,32 \cdot 1gS$. Для рассмотренных ниже модулей крупности (M_r) достаточное приближе-

³ См.: Pelto C. R. Mapping of multicomponent systems.— Jour. of Geol., 1954, v. 62, N 5.

⁴ См.: Сементовский Ю. В. Условия образования месторождений минерального сырья в позднепермскую эпоху на востоке Русской платформы.— Казань, 1973.

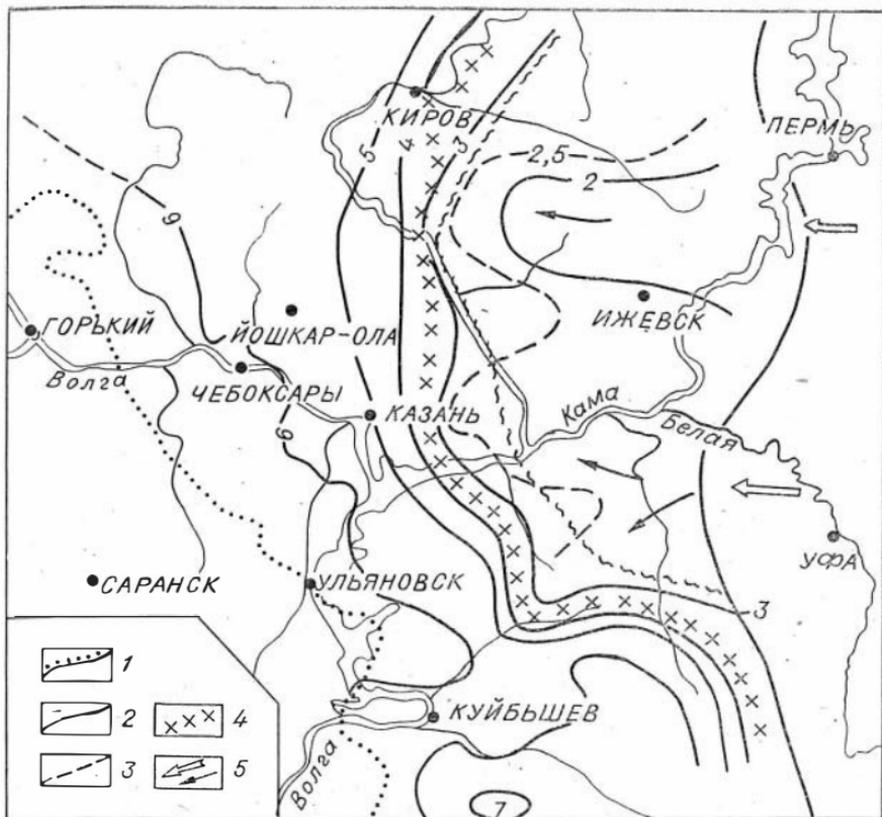


Рис. 2. Карта литомодулей верхнеказанского осадочного комплекса (по Сементовскому).

1 — границы распространения отложений комплекса; 2 — изолинии литомодулей; 3 — восточная граница распространения сероцветных отложений; 4 — западная граница распространения красноцветных отложений; 5 — основные направления сноса и пути миграции материала.

ше дает выражение: $H = 1 : \sqrt[6]{M_d}$. В. И. Усик⁵ при расчете динамичности водной среды также применяет систему индексов (I_d), при этом $H = 5 - I_d$.

Поскольку распределение пород в любом бассейне седиментации обусловлено особенностями его динамики, то и карту изолиний литомодулей можно рассматривать как отображение одного из основных элементов фациальной обстановки — эффективного удаления от источников питания. Поэтому рисунок изолиний литомодулей (и модулей круп-

⁵ См.: Усик В. И., Срабонян М. Х. Экзогенные фосфатопоявления Северного Кавказа. — Сов. геология, 1980, № 9.

ности) весьма четко показывает направления сноса терригенного материала и путей дальнейшей миграции его в пределах бассейна.

При составлении фациальной карты главной задачей является установление соотношения между величинами литомодулей и границами фациальных зон. Для этого на ряде секущих профилей, основываясь на всех эмпирических данных, характеризующих фациальную обстановку, намечаются границы фациальных зон. Местоположение последних на профиле и определяет соответствующие значения литомодулей. По этим значениям (с учетом определившихся их вариаций в разных частях территории) непосредственно на карте литомодулей в соответствии с простираем изолиний проводятся границы фациальных зон. Карта литомодулей, следовательно, дает не жесткий рисунок фациальных границ (как в американских методиках), а лишь ориентировку при их проведении.

Описанный методический прием заполняет тот пробел в общепринятой методике, который возникает при переходе от точных количественных данных — литологических спектров — к обобщенным показателям литологии, наносимым на карту. Дополнительная характеристика особенностей палеогеографии может быть получена при рассмотрении вспомогательных карт распределения песчано-алевритового, глинистого материала, коэффициента солености и т. п.

Наилучшие результаты описанная методика дает при картировании толщ достаточно контрастного литологического состава. Для однородных осадочных комплексов приходится изыскивать какие-то иные характеристики, прямо или косвенно отражающие динамику процесса седиментации. В качестве таковых могут служить коэффициенты, основанные на расчете средней крупности частиц, слагающих конкретные разрезы. Одним из таких коэффициентов является модуль крупности M_k , определяемый по формуле средневзвешенного на основе данных гранулометрического состава пород⁶. Изолинии, построенные по значениям M_k , являются важным показателем для оценки скорости движения вод, характера и путей миграции материала (рис. 3).

Карты изолиний M_k успешно использовались и при прогнозных исследованиях с целью выявления стекольных и

⁶ См.: Дистанов У. Г. Принципы и методы построения литолого-фациальных карт с использованием количественного анализа.— В кн.: Геология. Геологические методы поисков и разведки месторождений неметаллических полезных ископаемых. Обзор ВИЭМС. М., 1981.

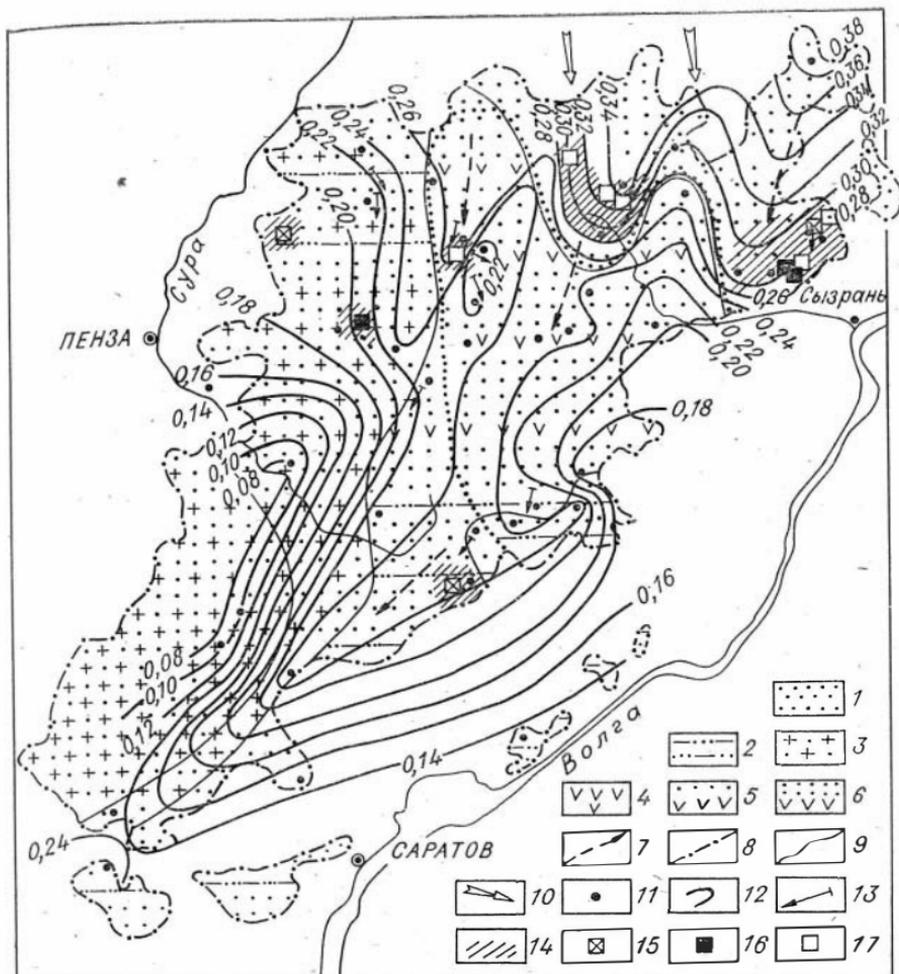


Рис. 3. Литолого-палеогеографическая карта нижнесаратовской под-
свиты Среднего Поволжья (по Дистанову).

1—3 — песок: 1 — кварцевый, 2 — глинистый, 3 — кварцево-глауконитовый; 4 — опока; 5 — переслаивание пород, количество которых в разрезе примерно равно; 6 — переслаивание пород с преобладанием одной из них; 7 — направление течений; 8 — граница распространения отложений; 9 — границы литофациальных зон; 10 — основное направление приноса обломочного материала; 11 — опорные разрезы; 12 — изолинии модулей крупности; 13 — направления кривой слоистости; 14 — площади, перспективные относительно высококачественных кварцевых песков; 15 — разведанные месторождения стекольных песков; 16 — то же, формовочных песков; 17 — месторождения перспективные, неразведанные.

формовочных песков, фосфоритов. Так, например, при изучении нижнесаратовских слоев палеогена Поволжья с помощью таких карт были околочены площади распространения высокосортных песков в пределах значений M_k от

0,25 до 0,32 мм⁷. Достоверность этих прогнозных рекомендаций была подтверждена открытием крупного Лукьяновского месторождения песков высокого качества. Аналогичные исследования проведены для камышинской свиты палеогена Нижнего Поволжья, где в пределах изолиний M_K от 0,20 до 0,25 мм оконтурены площади развития формовочных песков с содержанием SiO_2 до 99,6% и окислов железа в пределах 0,003—0,3%⁸. Интересные закономерности выявлены и при изучении особенностей фосфоритонности эоценовых отложений Поволжья. Выяснилось, что максимальной фосфатонасыщенностью характеризуются кварцевоглауконитовые пески со значениями M_K в пределах 0,13—0,18 мм.

При построении литофациальных карт в качестве вспомогательных функций можно использовать различные абстрагированные коэффициенты, отображающие степень неоднородности литологических комплексов или отклонения системы от оптимальных композиций. В этом отношении заслуживают внимания разработки К. Р. Пелто⁹, который при построении литофациальных карт использовал функцию энтропии, показывающую степень смешанности «конечных членов системы», т. е. основных породообразующих компонентов. Высокоэнтропийные породы характеризуются более или менее равным содержанием составляющих компонентов, низкоэнтропийные — преобладанием одного компонента. На фациальном треугольнике (см. рис. 1) выделены зоны различных значений энтропии. Не менее интересен прием составления карт «фациальных расстояний», предложенный В. К. Крамбеином¹⁰. Данная функция основана на подыскании на классификационном треугольнике точки, выражающей оптимальный состав осадочного комплекса. Относительно этой точки и ведется отсчет фациальных расстояний, картируемых также системой изолиний (рис. 4). Указанные функции широко использовались американскими геологами при оценке перспектив нефтеносности, оконтуривания зон с оптимальным составом пород-коллекторов.

Рассмотренные принципы расчета коэффициентов и мо-

⁷ См.: Дистанов У. Г., Кузнецова Т. А., Сорокин В. И. Геолого-геохимические закономерности формирования нерудных полезных ископаемых в ранне- и среднепалеогеновом морском бассейне Русской платформы.— М., 1976. (Рукопись деп. в ВИНТИ, № 6646—73 Деп.).

⁸ Там же.

⁹ См.: Peltó C. R. Mapping of multicomponent systems.

¹⁰ См.: Krumbein W. C. Composite and members in facies mapping.— Jour. Sedimentary Petrol., 1955, v. 25, N 2.

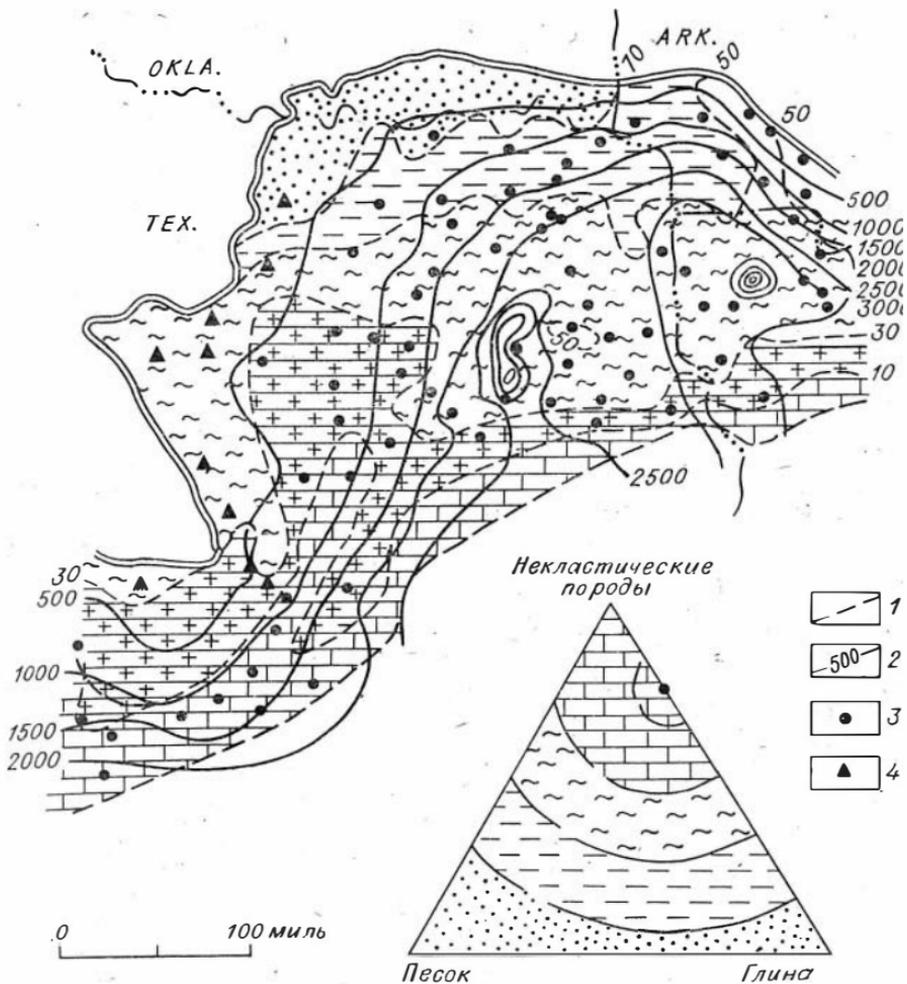


Рис. 4. Карта фациальных отклонений серии Тринити (мел, команчский отдел), основанная на функции расстояний В. К. Крамбейна (по Форготсону).

1 — контур функции расстояния; 2 — мощность; 3 — опорные разрезы; 4 — местоположение разрезов.

дудей могут быть успешно использованы при решении вопросов ритмостратиграфии и корреляции разрезов. Наиболее простым приемом повышения информативности литологических колонок является составление различных вспомогательных кривых, показывающих количественное изменение по разрезу тех или иных составляющих пород. Использование условных числовых индексов позволяет детализировать и даже заменить обычную колонку литограммой.

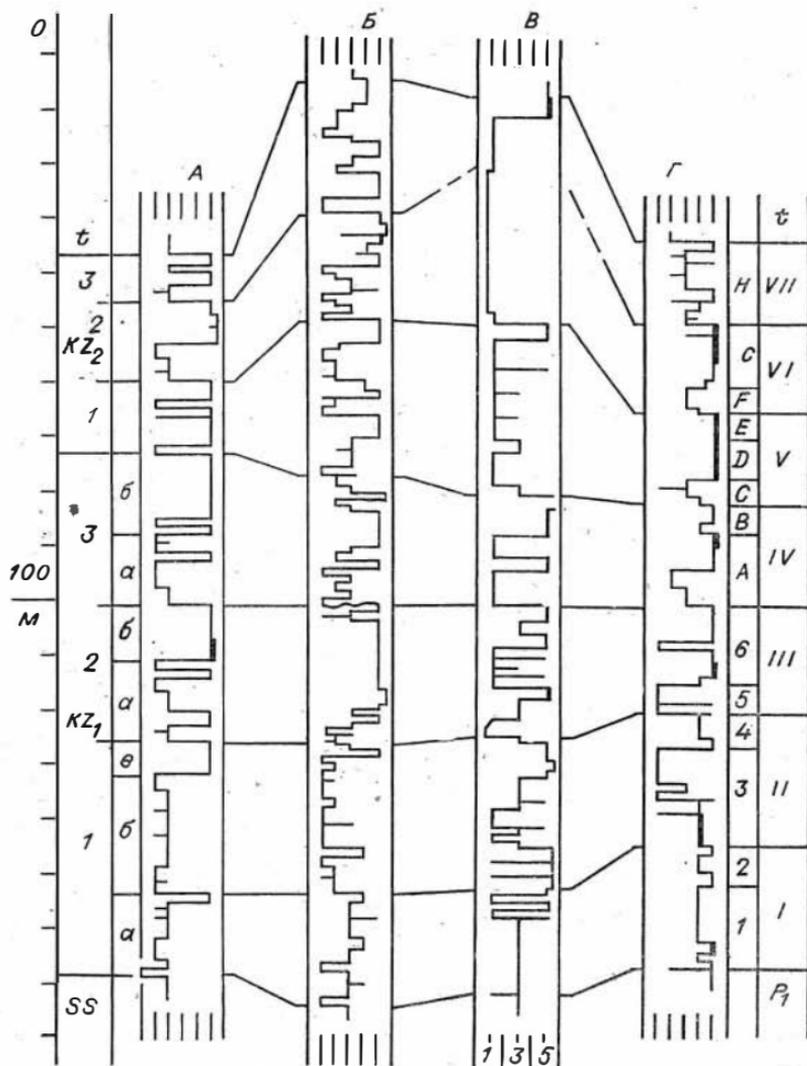


Рис. 5. Сопоставление разрезов казанского яруса (по Сементовскому). А — Болотово; Б — Мокси; В — Шорино; Г — Высокая гора. Литологическая шкала колонок: 0 — конгломераты; 1 — песчаники; 2 — алевриты; 3 — глины; 4 — мергели; 5 — известняки и доломиты (широкая заливка); 5,5 — гипсы.

Ступенчатое построение обычной колонки довольно часто практикуется в работах американских исследователей. Однако такой прием имеет чисто иллюстративное значение. Заменить обычную колонку двумерным графиком-«фациограммой» с введением двух числовых шкал отдельно для мор-

ских и континентальных формаций впервые предложил А. Г. Вологдин¹¹. Построение седиментационных кривых (параллельно обычной колонке) для целей корреляции применял В. П. Флоренский. Несколько позднее один из авторов данной статьи стал постоянно использовать в своей работе подобные графики (литограммы, по классификации Н. Б. Вассоевича), полностью заменив нормальные колонки, разрешающая способность которых значительно (по мощности примерно на порядок) меньше¹². Особая наглядность, «рельефность» таких колонок позволяет успешно применять их в целях корреляции ритмично построенных толщ (рис. 5).

При расчленении и корреляции разрезов с успехом можно использовать и значения модулей крупности. Кривые, составленные по значениям M_{10} , наглядно отражают характер колебательных движений, показывая изменения динамической активности среды осадконакопления во времени (рис. 6).

Использование количественных литологических данных имеет большое значение при расчете абсолютных масс материала, поступающего в область седиментации и захороняющегося там. Особенно эффективны при этом пересчет на породообразующие компоненты и определение интенсивности процессов в соотношении с длительностью формирования изучаемых комплексов. Метод учета абсолютных масс успешно использовался Н. М. Страховым при разработке теории литогенеза, а в дальнейшем получил развитие в работах сотрудников Института океанологии АН СССР при изучении особенностей осадконакопления в современных морях и океанах. Имеются примеры успешного использования расчета абсолютных масс при реконструкции истории развития древних морей в работах А. Б. Ронова, В. П. Казаринова, Ю. П. Казанского, В. И. Бганова, Т. И. Гуровой и др.

Обширная и разносторонняя информация при палеогеографических построениях и изучении особенностей осадконакопления может быть получена в процессе расчета абсолютных масс поступления осадочного материала для более узких стратиграфических интервалов — ярусов, подъярусов,

¹¹ См.: Вологдин А. Г. Фацнограммы — новый способ графического оформления стратиграфических разрезов. — Докл. АН СССР, 1963, т. 40, № 8.

¹² См.: Сементовский Ю. В. Рациональная форма литологических колонок. — Изв. Казан. ФАН СССР. Сер. геол., 1950, № 1.

Песковатка Стрельно-
-Широкое Вубодская скв.80
Пролейка

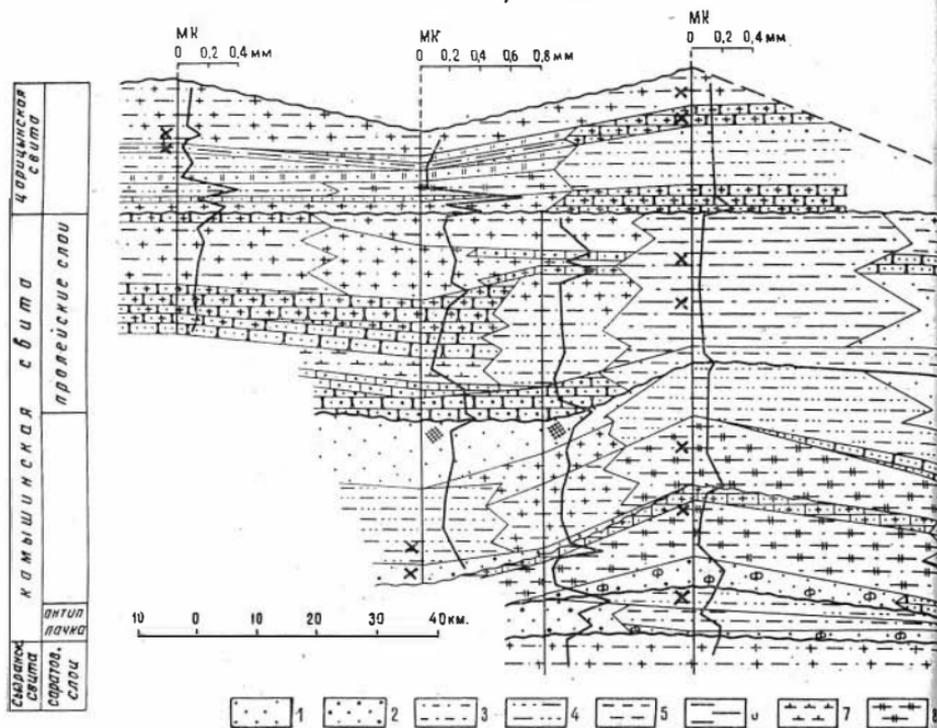
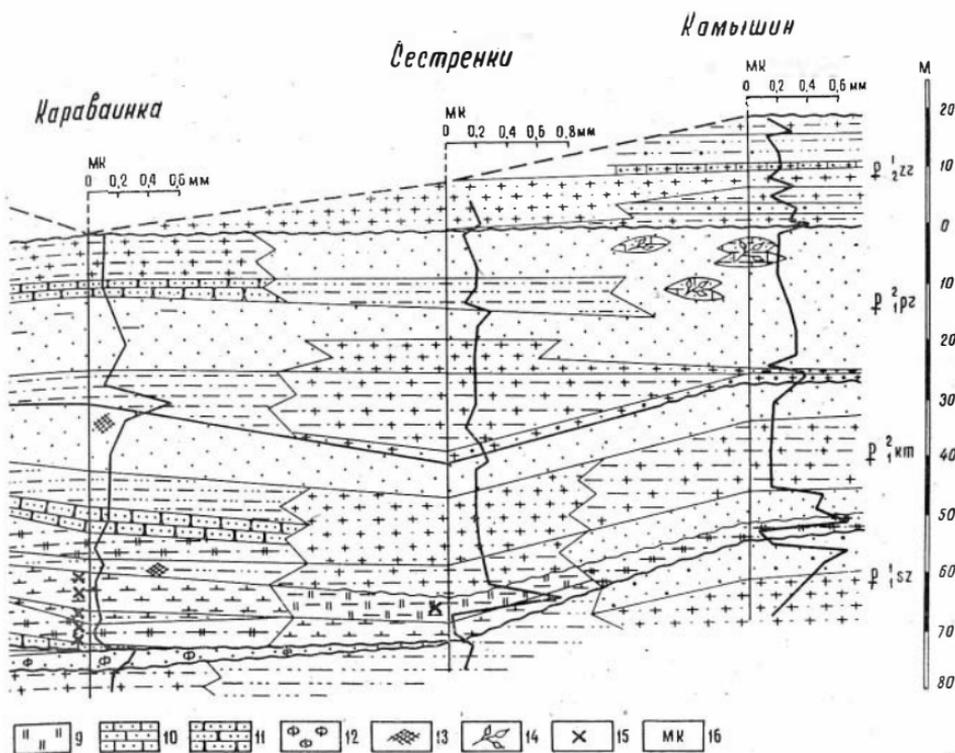


Рис. 6. Геолого-литологический профиль камышинских-пролейских отложений по линии Песковатка — Камышии (по Дистанову).

1—4 — пясчкі: 1 — кварцевыя мелка-срэднезерныя, 2 — кварцевыя крупнозерныя, 3 — глауконіта-кварцевыя, 4 — гліністыя; 5 — алеврыты; 6 — гліны; 7 — алеврыты кремністыя; 8 — гліны кремністыя; 9 — опокі; 10 — 11 — пясчаныкі: 10 — кварцевыя, 11 — опоківідныя; 12 — фосфарыты; 13 — косая слоістасць; 14 — адпечаткі лісцовай флары; 15 — спорово-пыльцевыя спектры; 16 — модулі крупнасці.

горизонтов. Так, при исследовании верхнепермских отложений востока Русской платформы в общей массе осадочного материала выделена его биохомогенная часть, прослежены вариации во времени¹³ (рис. 7). Локализация и постоянство в течение всей позднепермской эпохи основных направлений терригенного сноса — речных систем — позволили с не-

¹³ См.: Сементовский Ю. В. Условия образования месторождений мшиерального сырья в позднепермскую эпоху на востоке Русской платформы.



которой долей условности разделить зоны влияния каждого направления сноса и его эволюцию. Все эти данные, соотношенные с длиной каждого подразделения, дали возможность оценить абсолютную интенсивность процессов седиментогенеза. При этом установлено, что наиболее развитая и постоянная Кунгурская речная система по максимальной интенсивности годового твердого стока аналогична современному Тереку. Эти ориентировочные данные показывают, что масштаб и интенсивность геологических процессов в позднепермскую эпоху не носили исключительного характера и по основным показателям соизмеримы с рядовыми процессами современности.

Другим примером высокой информативности данных расчета абсолютных масс осадочного материала при реконструкции детальной истории осадконакопления могут служить результаты сравнительного изучения меловых и палеогеновых отложений Русской и Западно-Сибирской плат-

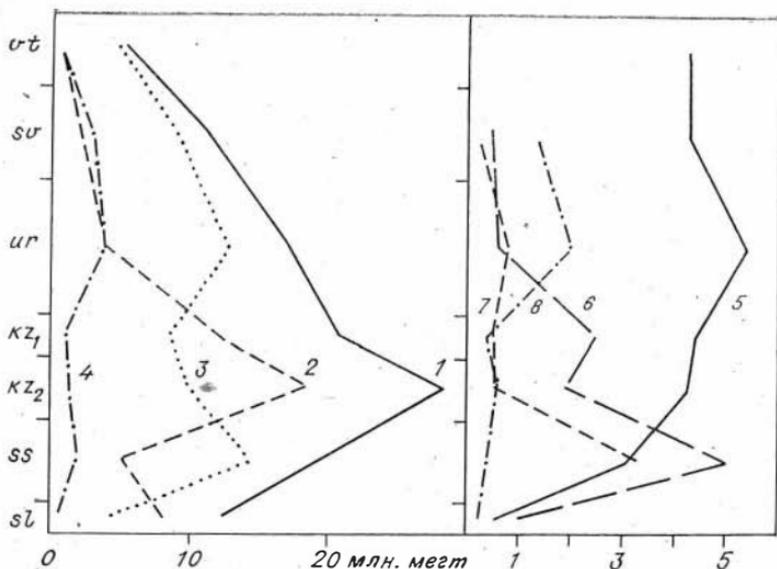


Рис. 7. Кривые интенсивности седиментации, терригенного и хемогенного сноса для верхней перми востока Русской платформы (по Сементовскому).

1—3 — седиментация: 1 — общая, 2 — биохемогенная, 3 — терригенная; 4 — хемогенный снос в реках (условно); 5—8 — терригенный снос по речным системам: 5 — Кунгурской, 6 — Бирской, 7 — Стерлитамакской, 8 — Сакмарской.

форм¹⁴. Анализ кривых изменения количества терригенного и хемогенного материала, рассчитанных для отдельных веков и эпох, позволяет наметить ряд важных закономерностей осадконакопления (рис. 8). Во-первых, это преимущественно терригенный характер процесса. В общем объеме поступившего материала на долю терригенной части приходится 74% для Восточно-Европейского бассейна и 91% для Западно-Сибирского, на долю карбонатной части — соответственно 25 и 1%, кремнистой — 0,5 и 7,9%. Во-вторых, это цикличность осадконакопления. На кривых четко фиксируется три цикла: раннемеловой (баррем-альбский), позднемеловой (сеноман-датский) и палеоцен-эоценовый. Для первого цикла характерно исключительно терригенное осадконакопление, объем приносимого материала для альбского века достигал максимальной интенсивности (соответственно 100 и 180 млн. м³ в год). В сеноне (особенно сан-

¹⁴ См.: Дистанов У. Г. О соотношении хемогенного и терригенного осадконакопления в меловых и палеогеновых морях Русской платформы и Западной Сибири. — В кн.: Тезисы докладов 5-й Всесоюзной школы морской геологии, т. I. М., 1982.

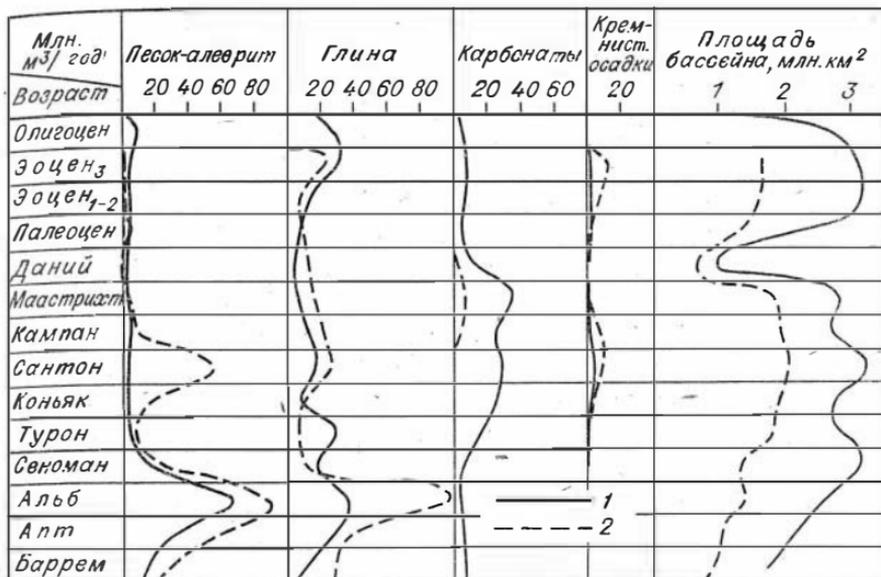


Рис. 8. Кривые изменения поступления абсолютных масс материала в меловые и палеогеновые бассейны (по Дистанову).
1 — для Восточно-Европейского бассейна; 2 — для Западно-Сибирского бассейна.

тон-кампане) на фоне расширения трансгрессии произошло ослабление привноса терригенного материала и резкое усиление процессов карбонатакопления, заметно проявилось (особенно в сантон-кампанский век) кремненакопление. В палеоцен-эоценовый цикл, характеризующийся новой волной трансгрессии, резко снизилась роль карбонатакопления, произошло дальнейшее ослабление терригенного сноса, большое развитие получило кремненакопление (ежегодный объем осаждаемой из приносимых растворов кремниесилы достигал для Западно-Сибирского бассейна 20 млн. м³). В-третьих, закономерностью осадконакопления является близость общего характера эволюции этого процесса в Восточно-Европейском и Западно-Сибирском бассейнах, что свидетельствует о широком, глобальном проявлении сходных тектонических, климатических, биогенетических факторов, определивших характер выветривания пород суши и процессы седиментогенеза.

Рассмотренные выше примеры использования различных расчетных коэффициентов (естественно, касающихся лишь отдельных сторон литологического анализа и не отражающих всего многообразия выполненных в этом направлении

разработок) убедительно свидетельствуют о высокой их информативности при решении различных задач литологического и палеогеографического анализа. Важными их свойствами, как уже отмечалось, являются также простота расчетов и построений, высокая наглядность при картографировании и использовании графических материалов.

Цель настоящей статьи — привлечь внимание широкого круга литологов к простейшим методам количественного литологического анализа, многие из которых, к сожалению, забыты и не применяются в практике литолого-палеогеографических исследований.*

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ И МОДЕЛИ В ЛИТОЛОГИИ

А. А. ДРОЗДОВСКАЯ, канд. геол.-мин. наук

В последние годы математические методы с использованием ЭВМ весьма активно внедряются в геологию. Сейчас уже представляется возможным объединить применяемые для решения геологических задач математические методы в две группы. К одной из них следует отнести методы, предназначенные для статистической обработки геологических данных, к другой — для моделирования геологических процессов. Среди методов, относящихся ко второй группе, можно выделить используемые для моделирования соответственно физических и физико-химических процессов. Для литологии наибольшее значение имеют методы физико-химического моделирования на ЭВМ, поскольку подавляющая часть литологических процессов связана с химическими превращениями веществ. К настоящему времени разработано несколько программ, различное алгоритмическое обеспечение которых позволяет различными путями решать задачи моделирования физико-химических процессов. Практически все они созданы на основе использования законов равновесной термодинамики; попытки использовать для этой цели законы неравновесной термодинамики пока еще безрезультатны.

В основе большинства методов физико-химического моделирования на ЭВМ лежит либо принцип термодинамического анализа химических равновесий в системах, по своему составу приближающихся к природным, либо отыскание тем или иным математическим способом минимума свободной энергии системы в соответствии с законом Гиббса. Методы, разрабатываемые в рамках последнего подхода, на-

зывают методами минимизаций энергии Гиббса или просто методами минимизации.

Практическое использование методов минимизации в геологии показало чрезвычайно широкие их возможности для решения литологических задач. В качестве примера рассмотрим применение метода физико-химического моделирования на ЭВМ, созданного в Иркутском институте геохимии им. А. П. Виноградова. Реализация этого метода осуществлена в программном комплексе «Селектор»¹ в исследовании проблемы образования первичных железисто-кремнистых пород раннепротерозойских джеспилитовых формаций криворожского типа, которую трактуют также как проблему глобального железнакопления в раннем протерозое, потому что основные мировые запасы железа связаны именно с этим типом железорудных формаций².

Проблема глобального железнакопления в раннепротерозойской истории Земли обсуждается с прошлого века, однако из-за отсутствия надежных физико-химических знаний о развитии нашей планеты в докембрии до сих пор не имеет однозначного решения. Сложность этой проблемы заключается в том, что при достаточно четко устанавливаемой связи формаций данного типа с естественной эволюцией Земли (об этом свидетельствует ряд одинаковых для этих формаций черт³) пока не удалось однозначно объяснить причины и условия попадания в докембрийскую гидросферу огромных количеств такого малоподвижного элемента, как железо, а также последующего кратковременного осаждения его только с кремнием. Не выясненными до сих пор остаются и причины преимущественной приуроченности железорудных формаций к береговым линиям древних морских бассейнов и образования четко выраженных

¹ См.: Казьмин Л. А., Халиулина О. А., Карпов И. К. Расчет химических равновесий поликомпонентных гетерогенных систем, когда число фаз превышает число независимых компонентов в исходных условиях, методом минимизации свободной энергии (программа «Селектор»).— В кн.: Алгоритмы и программы. Информ. бюллетень ВНИИЦ, № 3, ИОО1353. М., 1975; Карпов И. К. Физико-химическое моделирование на ЭВМ в геохимии.— Новосибирск, 1982.

² См.: Белевцев Я. П., Белевцев Р. Я. Геологическое строение и железные руды Криворожского бассейна.— Киев, 1981.

³ См.: Александров Ю. А. Докембрийские железорудные формации СССР.— В кн.: Докембрийские железорудные формации мира. М., 1975; Пласенко И. А. Главнейшие закономерности железорудного осадконакопления в докембрии.— Воронеж, 1964; Казанский Ю. П. О физико-химических свойствах седиментации докембрийских железистых кварцитов.— В кн.: Состав и генезис железистых кварцитов Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1977.

ной полосчатости железисто-кремнистых пород, обусловленной ритмическим чередованием кварц-железистых и силикат-железистых их разновидностей.

К решению этой проблемы можно подойти с позиций физико-химического моделирования на ЭВМ цикла геохимических процессов, которые, по мнению многих исследователей, могли обеспечить глобальное железонанакпление в раннем протерозое хемогенно-осадочным путем⁴. Методически такой вычислительный эксперимент планировалось осуществить с помощью последовательного построения ряда моделей, раскрывающих физико-химические закономерности процессов мобилизации, переноса и химического осаждения железа и кремния в ходе естественной эволюции Земли. Такая постановка исследований предполагала в первую очередь моделирование физико-химической эволюции атмосферы, гидросферы и взаимодействующей с ними части литосферы, поскольку только таким способом представляется возможным выявить характер изменения физико-химических условий существования внешних земных оболочек, в среде которых и формировались первичные железисто-кремнистые породы изучаемых формаций.

Для воссоздания условий физико-химической эволюции внешних оболочек Земли существует два пути. Один из них заключается в экстраполяции имеющихся эмпирических данных о докембрийском состоянии атмосферы, гидросферы и литосферы на современное состояние. Именно так поступил М. Харт⁵, используя в качестве исходных эмпирически полученные параметры состояния Земли в докембрии, в том числе средний состав ювенильных летучих соединений, скорость дегазации недр, скорость фотоллиза водяного пара и диссипации водорода из атмосферы, возможные изменения в светимости Солнца, альbedo поверхности Земли и связанного с ними парникового эффекта и многие другие. Однако даже при столь тщательном учете известных в настоящее время параметров состояния внешних оболочек Земли в докембрии и возможных изменений этих параметров на последующих этапах эволюции М. Харт не смог избежать некоторых неточных, а в отдельных случаях и просто ошибочных построений.

⁴ См.: Страхов Н. М. Железорудные формации и их аналоги в истории Земли.— М., 1947; Мельник Ю. П. Физико-химические условия образования докембрийских железистых кварцитов.— Киев, 1973; Гаррелс Р., Маккензи Ф. Эволюция осадочных пород.— М., 1974.

⁵ См.: Hart M. H. The evolution of the atmosphere of the Earth.— Icarus, 1978, v. 33, N 1.

Для определения параметров внешних оболочек Земли в докембрии целесообразно использовать второй путь, предложенный Р. Гаррелсом⁶, — путь воссоздания обратной эволюции современной системы атмосфера — океан — осадочная оболочка литосферы посредством исключения из ее модели свободного кислорода. В основе идеи Р. Гаррелса — общепринятые представления о связи развития Земли с накоплением в ее внешних оболочках свободного кислорода в результате высвобождения его из CO_2 в процессах фотодиссоциации и фотосинтеза⁷. Используя данную предпосылку, ученый пытался методом термодинамического анализа отдельных реакций определить параметры обратной эволюции внешних оболочек Земли и связать их с процессами глобального железнакопления в раннем протерозое⁸. Однако из-за несовершенства метода, ошибочного выбора исходного минерального буфера и без учета истинных масс реагирующих резервуаров в полной мере реализовать свою идею Р. Гаррелсу не удалось.

Вместе с тем такой путь нам представляется более обоснованным, чем первый, поскольку в качестве исходной точки отсчета здесь используется реально существующая. В связи с этим идея Р. Гаррелса была принята нами за рабочую гипотезу при моделировании на ЭВМ процессов обратной эволюции современной гетерогенной мультисистемы атмосфера — океан — взаимодействующая часть осадочной оболочки литосферы путем постепенного введения в модель данных о твердом углероде. Такой подход позволяет не учитывать данные о свободном кислороде (так как кислород представляется связанным в CO_2), что дает возможность проследить смену окислительных равновесий в системе восстановительными. В то же время рассмотрение результатов такого моделирования в обратном порядке позволяет описать естественный ход эволюции внешних оболочек Земли при допущении постепенного поступления в них кислорода, изменяющего равновесия от восстановительного состояния до современного окислительного. (В настоящей статье источ-

⁶ См.: Гаррелс Р. М. Круговорот углерода, кислорода и серы в течение геологического времени. — М., 1975.

⁷ См.: Там же; Виноградов А. П. Химическая эволюция Земли. — М., 1959; Шидловски М. Атмосфера архея и эволюция кислородного запаса Земли. — В кн.: Ранняя история Земли. — М., 1980; Ронов А. Б., Мигдисов А. А., Ярошевский А. А. К геохимической истории внешних оболочек Земли. — В кн.: Очерки современной геохимии и аналитической химии. М., 1972.

⁸ См.: Гаррелс Р. М. Минеральные равновесия. — М., 1962.

ник поступления кислорода не рассматривается — это самостоятельная проблема, требующая специальной постановки исследований.)

Подробное обоснование исходных предпосылок, использованных для построения модели обратной эволюции, и обсуждение результатов моделирования эволюции атмосферы, океана и химического осадконакопления в океане изложены нами в других работах⁹, поэтому здесь ограничимся кратким перечислением основных параметров, характеризующих установленные этапы эволюции.

Процесс моделирования осуществляли путем термодинамического анализа химических равновесий в мультисистеме, включающей 119 веществ (в том числе 63 водных, 10 газовых и 46 твердых компонентов), имеющих в своем составе 13 химических элементов: K, Na, Ca, Mg, Fe, Al, Si, C, S, Cl, N, H, O. Эти элементы слагают подавляющую часть соединений внешних земных оболочек, которые, как показывают эмпирические данные, участвуют или могли участвовать раньше в физико-химической эволюции внешних оболочек Земли. Содержание кислорода в такой мультисистеме определяет соотношение между составляющими ее веществами и степень устойчивости новообразованных минеральных фаз. На этой основе мы выделили пять этапов эволюции с резко различающейся в них физико-химической обстановкой, а учитывая соответствие некоторых геохимических равновесий на выделенных этапах природным равновесиям, сопоставили эти этапы с определенными геохронологическими эпохами развития Земли по известной шкале¹⁰.

Восстановительный этап, сопоставляемый с археем, характеризуется устойчивыми восстановительными равновесиями. В составе атмосферы основными газами были N_2 , CO_2 и H_2S (около 68, 24 и 7% вес. при $25^\circ C$), подчиненными — CH_4 , H_2 и NH_3 (в сумме — менее 1% вес.) и в качестве примесных газов выступали CO , SO_2 и SO_3 . В водах

⁹ См.: Дроздовская А. А. Физико-химическое моделирование на ЭВМ состава атмосферы в истории Земли.— Докл. АН СССР, 1983, т. 273, № 4; Она же. Физико-химическое моделирование на ЭВМ процессов эволюции океана в истории Земли.— Там же, № 2; Она же. Эволюция химического осадкообразования в истории развития океана.— Там же, № 3.

¹⁰ См.: Афанасьев Г. Д., Богдасарян Г. П., Боровиков Л. И. и др. Геохронологическая шкала в абсолютном летоисчислении по данным лаборатории СССР на апрель 1964 г. с учетом зарубежных данных.— В кн.: Международный геологический конгресс, XXII сессия. Доклады советских ученых. Проблема 3: Абсолютный возраст геологических формаций. М., 1964.

океана в количествах и в формах, отвечающих современным, присутствовали растворенные K, Na, Cl, Si. В меньших, по сравнению с современными, количествах были S (на первые десятые доли порядка), Ca и Mg (на первые сотые доли порядка). Количества растворенных C и N были на два с лишним порядка выше, чем в современном океане. Растворенного железа в архейском океане не было совсем — при попадании из того или иного источника происходило немедленное связывание его в форме образующихся химическим путем сульфидов или смешанослойных силикатов Fe(II). Количества растворенного алюминия резко колебались в зависимости от температуры океана и в связи с изменением температурных условий образования смешанослойных силикатов — при повышении температуры океанской воды от 5 до 25°C концентрация растворенного алюминия менялась от 10^{-5} до 10^{-10} моль/л. Кислотно-щелочной режим океанской воды в архее был близок к нейтральному (значения pH при 5 и 25°C составляли соответственно 6,8 и 6,4), окислительно-восстановительная обстановка характеризовалась значениями Eh от -0,16 до -0,18 В.

Особенностью архейского океана, выявленной при моделировании, следует назвать наличие в нем устойчивых сульфатных ионов в количествах, соизмеримых с количествами сульфидных ионов и равных порядка 10^{-2} моль/л. Объяснением этому, казалось бы, парадоксальному факту присутствия в восстановительной обстановке ионов S(VI) служит характер термодинамического распределения растворенных форм серы при указанных значениях pH и Eh океанской воды (графической иллюстрацией может служить диаграмма устойчивости растворенных и твердых форм серы в стандартных условиях, рассчитанная по методу Р. Гаррелса¹¹). Факт устойчивого существования сульфатных ионов в архейском океане, установленный в вычислительном эксперименте, может быть широко использован при интерпретации результатов изотопных определений серы в докембрийских образованиях. В условиях взаимодействия океанской воды с породами дна океана в архее формировались хемогенные океанские осадки, состоящие из сульфидов, карбонатов (с преимущественной магниевой составляющей), элементарные графит и сера, а также кремнийсодержащие минералы — кварц и смешанослойные силикаты.

На переходно-восстановительном этапе, сопоставляемом по времени с ранним протерозоем, происходило постепен-

¹¹ См.: Гаррелс Р. М. Минеральные равновесия.

ное окисление восстановленных веществ внешних земных оболочек поступавшим в них кислородом. В первую очередь окислялись восстановленные газы атмосферы, поскольку из-за характера термодинамического распределения кислорода между водной и газовой фазами основные его количества попадали в атмосферу, где и расходовались сразу же на процессы окисления. Окисленные формы восстановленных газов переходили в растворенном виде в океанскую воду, а так как главным образом это были окисленные формы одного из основных газов атмосферы архея — сероводорода, в раннепротерозойском океане стали накапливаться избыточные количества сульфатных ионов. Последние обеспечили закономерное и достаточно резкое подкисление океанских вод — при 25°C это подкисление составило целую единицу рН (до 5,4). Такое подкисление воды, в свою очередь, обусловило увеличение растворимости многих минералов изверженных и осадочных пород океанического дна, а продолжавшие развиваться процессы окисления предотвратили новое хемогенное образование восстановленных минералов. Все эти процессы способствовали постепенному исчезновению из хемогенных океанских осадков в раннем протерозое вначале элементарных графита и серы, затем карбонатов, а вслед за ними и сульфидов. К концу переходно-восстановительного этапа, по времени сопоставляемого с предграничным временем между ранним и средним протерозоем, в хемогенных океанских осадках устойчивыми сохранялись лишь минералы кремния — кварц и смешанослойные силикаты.

Таким образом, на протяжении большей части раннего протерозоя происходило постепенное обеднение компонентных составов атмосферы и образующейся химическим путем осадочной оболочки океанического дна. Результатом этих процессов явилось закономерное насыщение вод океана окисленными формами восстановленных газов атмосферы и минералов, составлявших породы океанического дна. Увеличение солености океанской воды обусловлено также резким повышением растворимости соединений железа, которое в конце раннего протерозоя начало интенсивно поступать из всех Fe(II)-содержащих минералов. Это явление следует рассмотреть подробнее, поскольку оно явилось первой предпосылкой глобального железонакпления.

Как уже было показано, ни в архее, ни в начале раннего протерозоя растворенного железа в океане не было из-за слабовосстановительного и близкого к нейтральному по кислотности-щелочности характера состава океанской воды. И лишь резкое подкисление вод океана при умень-

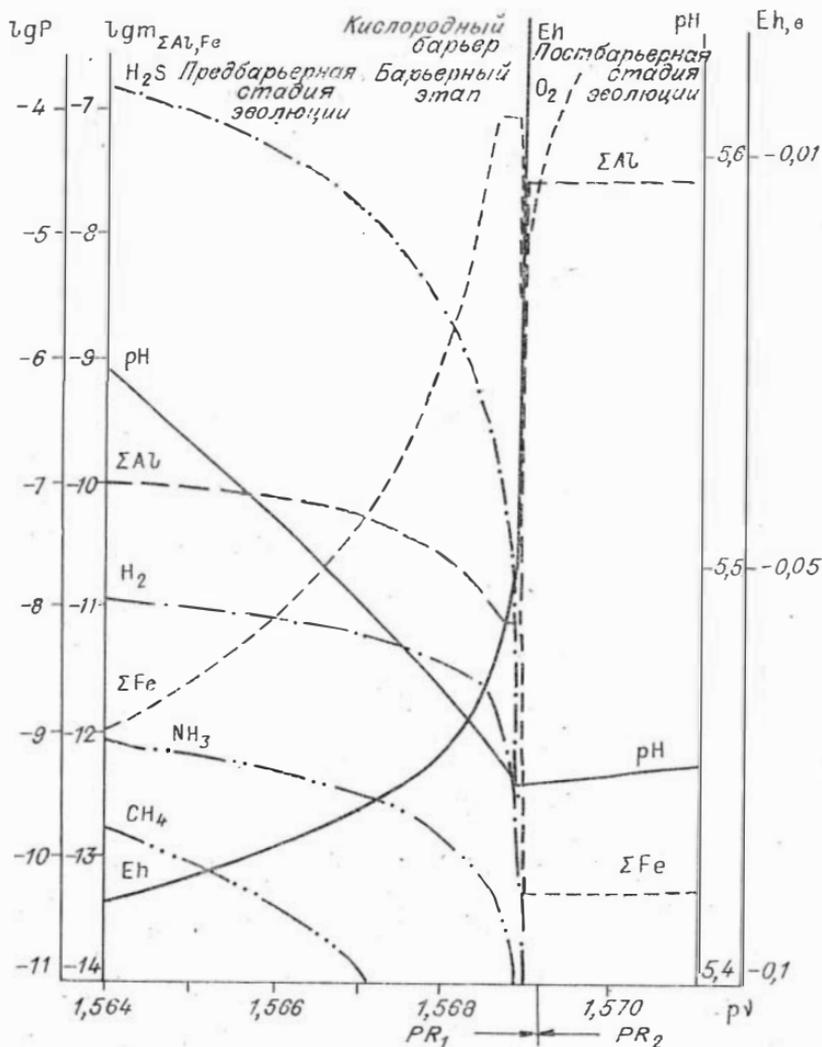
шести их окислительно-восстановительного потенциала смогло обеспечить появление в них растворенных форм Fe(II). Такое резкое и кратковременное увеличение концентрации растворенного Fe(II) в океанской воде конца раннего протерозоя позволяет назвать это явление «всплеском растворимости железа».

По достижении максимальной концентрации растворенного железа (10^{-7} моль/л) в водах раннепротерозойского океана в результате взаимодействия вод с породами дна устанавливается очень короткий этап в эволюции оболочки Земли — барьерный. Последний характеризуется стабилизацией максимальных количеств растворенного железа в водах океана, окончательным окислением всех восстановленных веществ в системе, а следовательно, и подкислением океанских вод при все ускоряющемся повышении Eh. Завершается этот этап кислородным барьером¹². Поскольку именно в это время устанавливается цикл закономерно сменяющих друг друга геохимических процессов, вызвавших глобальное железнакопление в раннем протерозое, представляется необходимым рассмотреть химические равновесия на этом этапе, а также на предбарьерной стадии эволюции (завершающей стадии переходно-восстановительного этапа) и постбарьерной стадии (соответствующей началу следующего за барьерным переходно-окислительного этапа).

В целом данный период эволюции, ознаменовавший собой переход изучаемой мультисистемы из восстановительного состояния в окислительный, мы называем переходным периодом. Изменения параметров мультисистемы при 25°C представлены на рисунке в форме зависимости количественных значений параметров (парциальных давлений газов в атмосфере и мольных концентраций растворенных в океане железа и алюминия в логарифмическом выражении, а также pH и Eh океанской воды) от степени протекания эволюции ν ¹³. На этой диаграмме в расширенном по оси абсцисс масштабе показано поведение компонентов атмосферы и океана. Для температур в интервале 5—75°C закономерности носят тот же характер, отличия заключаются лишь в значениях абсолютных количественных характеристик, определяемых температурным влиянием на устойчивость составляющих систему веществ.

¹² Понятие кислородного барьера разработано А. И. Перельманом (см.: Перельман А. И. Геохимия энгенетических процессов.— М., 1968).

¹³ О физико-химической сущности этого понятия см.: Карпов Н. К. Физико-химическое моделирование на ЭВМ в геохимии.



Изменение основных параметров атмосферы и океанской воды в переходный период эволюции ($t = 25^{\circ}\text{C}$, $P = 1 \text{ атм}$).

Как видно из рисунка, к началу кислородного барьера было полностью завершено окисление в атмосфере всех восстановленных газов, в океане — всех восстановленных веществ, кроме соединений Fe(II) . С этого момента и началось очень быстрое окисление растворенного железа, сопровождаемое массовым его осаждением в форме гидроокислов Fe(III) . По мере окисления и осаждения железа в системе началось накопление свободного, не редуцирующегося кис-

лорода — вначале лишь в термодинамически устанавливаемых количествах, а к концу кислородного барьера в количествах, исчисляемых величинами 10^{-8} моль/л в атмосфере и 10^{-10} моль/л в океане. Закончилась бескислородная эпоха существования Земли. Таким образом, кислородный барьер ознаменовал собой наступление новой эры.

Все перечисленные процессы, протекавшие на стадии кислородного барьера, носили поистине катастрофический характер, который проявился прежде всего в скачкообразном увеличении Eh: при изменении рV всего на 0,00001 величина Eh системы увеличилась от близких к нулю отрицательных значений до 0,8 В.

Параллельно с осаждением гидроокислов железа в период кислородного барьера происходило не зависящее от этого процесса осаждение минералов кремния, которые, как было сказано выше, оставались единственными устойчивыми веществами в хемогенных океанских осадках конца раннего протерозоя. Вот почему формировавшиеся на стадии кислородного барьера породы имеют такой «чистый» железисто-кремнистый состав. При моделировании была установлена зависимость состава отлагающихся в хемогенные осадки минералов кремния от температуры. Оказалось, что для каждой определенной условий эволюции имеется критическая температура, при которой осуществляется смена минеральной формы осаждения кремния. На данном этапе исследований определена величина критической температуры в период кислородного барьера. Она оказалась равной $15 \pm 5^\circ\text{C}$ (допуск на возможные отклонения критической температуры принят исходя из учета приближенности состава мультисистемы к природным условиям). При температурах ниже указанных пределов кремний осаждается в форме кварца, а выше — в форме смешанослойных силикатов. Таким образом, при совместном осаждении кремния с железом на стадии кислородного барьера в зависимости от температуры должны были формироваться породы, состоящие либо из гидроокислов железа и кварца (такая минеральная ассоциация соответствует составу джеспилитов), либо из гидроокислов железа и смешанослойных силикатов (в этом случае должны были формироваться породы, которые явились прообразом будущих сланцев).

Этот установленный в вычислительном эксперименте факт может быть использован как физико-химическое обоснование причин, обусловивших формирование полосчатости первичных железисто-кремнистых пород раннепротерозойских джеспилитовых формаций за счет периодических из-

менений температуры среды седиментации. В связи с этим в плане дальнейших исследований стоит задача выявления зависимости критической температуры, определявшей смену минеральной формы осаждения кремния, от изменения физико-химической обстановки в ходе эволюции Земли.

Следующий за барьерным переходно-окислительный этап сопоставляется со временем всего дальнейшего развития Земли вплоть до современной эпохи. На данном этапе происходит закономерное накопление свободного кислорода и разложение CO_2 до количеств, соответствующих современным. Но поскольку рассмотрение геохимических равновесий на переходно-окислительном и современном этапах выходит за рамки поставленной задачи, ограничимся здесь лишь указанием о том, что на этих этапах осуществляются постепенное увеличение рН океанских вод до значений ~ 8 (такое подщелачивание вод океана объясняется постепенным уменьшением содержания CO_2 в системе) и стабилизация Eh до значений $\sim 0,8$ В. В результате создавались условия, исключаяющие возможность мобилизации и последующего осаждения больших количеств железа, а следовательно, и образования железисто-кремнистых пород в масштабах, подобных раннепротерозойскому глобальному железонанкопленю.

Таким образом, уже при построении первой модели удалось объяснить многие неясные вопросы изучаемой проблемы. Построение следующих моделей — эволюции формирования состава дождевых вод, выветривания континентальных пород и смещения образующихся при выветривании водных растворов (мы называем их водами континентального выветривания) с океанскими водами — имело своей задачей выяснить потенциальную возможность мобилизации железа при выветривании континентальных пород и состав пород, которые могли образовываться в морских условиях за счет продуктов континентального выветривания. В ходе дальнейшего исследования планируется выявить состав пород, которые могут быть образованы в морских условиях из продуктов вулканической деятельности Земли. Возможно, это позволит оценить роль континентального и вулканического источников вещества и тем самым дать физико-химическое обоснование двум основным гипотезам возникновения формаций — терригенно-хемогенно-осадочной и вулканогенно-осадочной.

Построение моделей было выполнено для нескольких сечений эволюции на каждом из указанных выше этапов. Это дало возможность воссоздать весь цикл геохимических

процессов, которые могли бы обеспечить хемогенное образование в морских условиях железисто-кремнистых пород за счет продуктов выветривания континентальных пород на всем протяжении эволюции внешних оболочек Земли. Модель формирования состава дождевых вод строили путем приведения в равновесие чистой воды с газами, составлявшими атмосферу на разных этапах ее эволюции; модель выветривания — путем приведения в равновесие полученных дождевых вод с наиболее богатой железом континентальной породой — платобазальтом; модель смешения — путем приведения в равновесие полученных вод континентального выветривания с океанскими водами, состав которых соответствовал каждому взятому для моделирования сечению эволюции.

При интерпретации результатов выяснилось, что все закономерности, установленные при моделировании процессов эволюции мультисистемы атмосфера — океан — взаимодействующая часть осадочной оболочки литосферы, соблюдаются и для процессов эволюции указанного цикла геохимических процессов. Так, на переходном-восстановительном этапе и для дождевых вод, и для вод континентального выветривания отмечается резкое их подкисление, которое выражается величиной рН, равной 1,5 ед при 25°C. Этот факт дает основание говорить о глобальном подкислении вод земной гидросферы всех типов на протяжении раннепротерозойского этапа развития Земли. Выявляется также пик растворимости железа на предбарьерной стадии эволюции, причем в водах континентального выветривания уже фиксируются значительно более высокие концентрации растворенного железа по сравнению с океанскими водами (до 10^{-4} моль/л на отдельных стадиях развития процессов проработки платобазальта дождевыми водами). Важным представляется установленный при построении моделей факт выщелачивания железа из платобазальта при выветривании на ранних стадиях переходного-окислительного этапа, когда в системе имелись еще весьма незначительные концентрации свободного кислорода. В этих условиях дождевые воды, обладавшие еще достаточно сильно выраженным кислотным характером, расходовали растворенный в них кислород уже на самых ранних стадиях выветривания, а попадая на подземные горизонты, приобретали восстановительные свойства и оказывались способными вымывать значительные количества Fe(II), которые таким образом переносились по подземным стокам выветривания к бассейнам седиментации, где и осаждалось в форме гидроксидов Fe(III).

Результаты, полученные при моделировании процессов смещения, свидетельствуют о том, что в процессах взаимодействия континентальных вод выветривания с морскими водами образовывались осадки различного состава. Последний менялся в зависимости от степени разбавления этих вод: по мере разбавления континентальных вод морскими осуществлялась закономерная смена состава образующихся осадков от сульфидного к силикатному, а затем и к окисному. Как видим, данные моделирования почти полностью соответствуют характеру смены минеральных ассоциаций в классическом осадочном профиле морского седиментогенеза — исключается лишь карбонатная фация, которая, по данным моделирования, при первичном осадкообразовании не образуется. Для выяснения этого вопроса в ходе дальнейшего исследования необходимо построить модель диагенеза морских осадков или модель изменения параметров среды седиментогенеза при поступлении в бассейн терригенного материала.

Сейчас представляются важными факты мобилизации железа на постбарьерных стадиях эволюции и осаднения его в прибрежных зонах древних морских бассейнов за счет выветривания богатых железом континентальных пород. Эти факты свидетельствуют о возможности образования железисто-кремнистых пород не только на стадии кислородного барьера, но и на начальных стадиях переходно-окислительного этапа вплоть до момента, когда в системе были накоплены достаточные количества свободного кислорода и кислотность дождевых вод достигла кислотности современных дождей. Именно тогда были практически прекращены процессы мобилизации железа из континентальных пород, а следовательно, и процессы образования железисто-кремнистых пород типа рапипротерозойских в морских бассейнах.

Эти выводы в полной мере совпадают с данными эмпирических исследований о затухании процессов железонакпления в постпротерозойские эпохи развития Земли¹⁴. В последующие за протерозоем эпохи и в настоящее время процессы образования железисто-кремнистых пород, содержащих в своем составе джеспилиты, могут быть реализованы лишь в специфической физико-химической обстановке. Такая обстановка может быть создана либо в зонах действия подводных вулканов на больших глубинах, где практически

¹⁴ См.: Казанский Ю. П. О физико-химических свойствах седиментации докембрийских железистых кварцитов; Ронов А. Б., Мигдисов А. А., Ярошевский А. А. К геохимической истории внешних оболочек Земли.

отсутствует свободный кислород, либо в изолированных мелководных морских бассейнах с интенсивным подтоком ювенильных восстановленных газов. Однако следует подчеркнуть, что и сама физико-химическая обстановка, воссоздающая раннепротерозойские условия, и процессы образования железисто-кремнистых пород, подобных раннепротерозойским, в указанный период развития Земли должны рассматриваться скорее как экзотические, чем естественные.

Итак, очевидно, что применение математического метода с использованием ЭВМ позволило объяснить многие неясные и спорные вопросы феномена глобального железонакпления, имевшего место в таком масштабе лишь единожды в истории Земли. Следовательно, можно говорить о том, сколько широкими возможностями обладают математические методы в решении литологических задач, а также о необходимости широкого их внедрения в литологию.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРРИГЕННОГО ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ

С. И. РОМАНОВСКИЙ, д-р геол.-мин. наук

Вопросы методологии только тогда могут представить живой интерес для конкретной науки, когда они являются теоретической основой методов исследования и ориентируют ученого на получение обоснованного и конструктивного знания.

Геолог, как известно, имеет дело преимущественно с задачами ретроспективного плана. Эти задачи можно с большой долей правоты трактовать и как обратные, поскольку объекты геологии являются, образно выражаясь, немymi свидетелями былых геологических процессов, восстановление хода которых является одной из важнейших проблем теоретической геологии¹. Чтобы эти объекты «заговорили», геологи строят свои версии, точнее, модели давно завершённых процессов и по тому, как эти модели согласуются с фактическим материалом, судят о степени их достоверности. Следовательно, решая методологические проблемы науки, мы тем самым ищем пути и средства получения нового научного знания. При этом можно, оставаясь на чисто методологическом уровне, сосредоточить внимание на самых общих вопросах, как бы инвариантных всем естественным

¹ Методы теоретической геологии.— Л., 1978.

наукам. Но можно рассмотреть и ряд конкретно-научных проблем и, опираясь на них, выявить те аспекты методологии, которые определяют содержание научных результатов, полученных при использовании предложенных исследователем моделей. Более плодотворным представляется второй подход, на который мы и будем опираться при обсуждении моделей терригенного осадконакопления. Сразу подчеркнем, что и в данном случае методологический интерес в большей мере представляют пути реализации конкретных моделей, чем сами модели, хотя и они являются достаточно информативными.

Итак, рассмотрим ряд наиболее, на наш взгляд, существенных методологических проблем, возникающих при изучении процессов терригенного седиментогенеза. При этом нас будут интересовать модели, описывающие процессы формирования и фракционный состав тел осадочной оболочки — пород, слоев и седиментационных циклов, заполняющих все геологическое пространство. Помимо этого, они организованы по принципу включения и, следовательно, представляют собой группу тел, обязанных своим происхождением процессам собственно седиментологическим. Иначе говоря, при изучении процессов формирования вещества осадочных пород седиментогенез традиционно понимается лишь как начальная стадия литогенеза, а при анализе процессов, приводящих к фиксации в разрезе тел осадочных образований разной структурной сложности, седиментогенез целесообразно трактовать уже как самостоятельный процесс, к тому же вполне законченный.

В зависимости от того, какие тела мы рассматриваем, вероятно, надо говорить о разной структурной ориентации седиментогенеза². Если нас интересуют процессы оформления фракционного состава пород, т. е. главным образом реакция частиц разного размера на вариации гидродинамических условий в бассейне седиментации, то мы тем самым рассматриваем лишь одну составляющую процесса. Этот вектор структурной ориентации седиментогенеза мы предложили назвать гранулоседиментогенезом³. При анализе сложобразования интерес представляет другая составляющая процесса: механизм миграции поверхности седиментации под воздействием колебательных движений дна бассей-

² См.: Романовский С. И. Процессы терригенного седиментогенеза (опыт математического моделирования). Автореф. докт. дис. — Л., 1980.

³ Там же.

на либо при выполнении депрессии осадками разного состава. Поэтому в данном случае мы вправе говорить о стратоседиментогенезе как о процессе, предопределяющем формирование слоев осадочных пород. Наконец, генетически обусловленное сообщество пород, устойчиво повторяющееся в разрезе, мы называем элементарным седиментационным циклом. При моделировании разных режимов образования таких сообществ наибольший интерес представляют автоколебания системы седиментации, которые могут геперироваться самой системой при формировании мутационного типа цикличности либо под воздействием внешних сил — при формировании циклов миграционного типа. Так или иначе, при разработке моделей циклической седиментации придется учитывать еще один, вполне самостоятельный вектор структурной ориентации седиментогенеза, названный нами циклоседиментогенезом.

После этих предварительных замечаний обратимся непосредственно к тем вопросам методологического плана, которые возникают при моделировании процессов терригенного осадконакопления. Начнем с выбора исходных признаков и схем верификации моделей.

Выбор исходных характеристик модели диктуется, с одной стороны, тем, как исследователь трактует механизм изучаемого процесса, а с другой — техническими возможностями модели, т. е. возможностями пайти такие «операторы преобразования», которые бы однозначно связали характеристики процесса с признаками описываемого объекта. Тогда модель станет управляемой в том смысле, что позволит трансформировать найденные соотношения до их удовлетворительного согласия с данными наблюдений.

В общем случае решение этих вопросов зависит от схемы ретросказания, от пути использования актуалистических представлений для переноса знаний на процессы геологического прошлого. Чаще всего геологи пользуются простейшей схемой — прямой экстраполяцией в прошлое. Ядро теоретической модели в этом случае составляют сведения, полученные при изучении современных процессов. Альтернативные модели, как правило, не рассматриваются. Поэтому выводы из предложенной модели оказываются единственной генетической концепцией ее автора. По такой схеме построены многие описательные модели седиментогенеза. Их главное достоинство в том, что с помощью простейших средств познания «по аналогии» удается получить качественно новое знание о геологических объектах. Так появились достаточно правдоподобные модели формирования тек-

ступ пород терригенного ряда, модели осадочной рассортировки в прибрежной зоне моря, модели фракционирования осадка из плотностных потоков и ряд других.

Существует, однако, и другая тенденция оперирования генетическими моделями, которая отражает более сложный, но зато более продуктивный путь познания. Суть ее сводится к следующему⁴. На основе некоторых (в общем случае — непроверяемых) предпосылок о протекании процесса в прошлом строится теоретическая модель, отражающая механизм процесса, и на ее основе выводятся следствия о состоянии изучаемого объекта в настоящее время, т. е. находится конструктивный путь верификации модели. Если следствия из модели противоречат признакам, характеризующим эмпирически изучаемый объект, то модель отвергается. Следовательно, данная схема реализует стратегию проверки гипотез, и с ее помощью также осуществляется ретросказание, но в отличие от первого пути (прямой экстраполяции в прошлое) экспериментальная проверка теоретических положений становится неотъемлемой составной частью процесса познания.

Какого типа суждения при этом допустимы, рассмотрим на примере обобщенной модели мощности слоя⁵. При исследовании механизма любого геологического процесса в расчет принимается всегда ограниченное число факторов, которые, по предположению исследователя, определяют целостную структуру изучаемого процесса. Остальные характеристики не учитываются и составляют так называемую «возмущающую функцию влияния». При этом возможно решение трех классов задач, непосредственно нацеленных на «восстановление» механизма процесса по эмпирическим данным. Для доказательства данного положения следует рассмотреть кинематику процесса осадконакопления на уровне формирования мощности единичного слоя и поставить задачу построения такой обобщенной модели мощности слоя, чтобы из нее можно было получить характеристики процесса седиментогенеза, приводящего к фиксированному заранее распределению мощностей слоев⁶.

Пусть слой x_j в момент t_{n-1} имел мощность ξ_{n-1} . В момент t_n его мощность стала равной ξ_n , причем $\xi_n = \varphi(\xi_{n-1})$,

⁴ См.: Груза В. В., Романовский С. И. Принцип актуализма и логика познания геологического прошлого.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1974, № 2.

⁵ См.: Романовский С. И. Состояние и перспективы изучения процессов слоенакопления.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1972, № 2.

⁶ Там же.

а в целом

$$\xi_n = \xi_{n-1} + \chi_{n-1} \varphi(\xi_{n-1}). \quad (1)$$

Соотношение (1) представляет собой хорошо известную схему конечных разностей, которую в литературе по математической статистике иногда называют схемой Кэптейна. После некоторых простейших преобразований приходим к окончательному выражению:

$$\Xi(T) = \xi_0 + \int_0^T f(\chi) \varphi[\xi(t)] dt, \quad (2)$$

где ξ_0 — мощность слоя в момент t_0 , T — суммарное время накопления слоя x_j .

Выясним физический смысл входящих в уравнение (1) функций. $\varphi(\xi)$ характеризует соответственно процесс нарастания мощности слоя от начального момента t_0 до конечного t_n . Это нарастание может происходить по линейному закону, если $\varphi(\xi) = k\xi$, или более сложным образом. Следовательно, $\varphi(\xi)$ описывает механизм процесса образования мощности. Тогда $f(\chi)$ определяется как «возмущающая функция влияния», от вида которой зависит прежде всего характер протекания процесса во времени. Соотношение (2) и является обобщенной моделью мощности слоя. Рассмотрим его более подробно. Именно на базе этого соотношения принципиально возможна постановка трех упомянутых выше классов задач.

I. «Возмущающая функция влияния» фиксирована, а функция механизма процесса меняется. Тогда естественно, что разным механизмам процесса должны соответствовать разные функции распределения вероятностей мощностей слоев. Ясно, что только для задач этого класса справедливы утверждения о возможности «восстановления» механизма процесса по эмпирическим данным.

II. «Возмущающая функция» меняется, а функция механизма процесса фиксирована. Тогда за счет разных $f(\chi)$ один и тот же механизм процесса приводит к разным функциям распределения вероятностей мощностей слоев. Это типичный случай дивергенции.

III. Меняются и «возмущающая функция влияния», и функция механизма процесса. В этом случае очевидно, что одна и та же функция распределения вероятностей мощностей слоев может быть получена путем задания различных функций $f(\chi)$ и $\varphi[\xi(t)]$. Здесь мы имеем конвергенцию процессов в отношении распределения мощностей слоев.

Для геологии наиболее типичны задачи конвергентного класса, поскольку при моделировании процессов прошлого

геологи не располагают эмпирическими данными о физическом механизме исследуемого процесса. Так как под возмущающей функцией влияния понимается суммарное воздействие на протекание процесса не учтенных конкретной моделью факторов, пренебрегать влиянием которых мы, строго говоря, не имеем права, то становится очевидным, что большинство реконструкций процессов прошлого оказываются неоднозначными из-за конвергенции. Геологи намеренно не обращают внимания на эту неоднозначность, искусственно перенося задачи в тот класс, где возмущающая функция влияния фиксируется. Естественным результатом такого подхода является предельный схематизм получаемых моделей процессов и обманчивая однозначность генетических построений.

То, что наш вывод не простое следствие формально полученного соотношения (2), а вытекает из логики реализации ретроспективных моделей, доказывает и практика построения литологами «генетических диаграмм». Действительно, справедливо считается, что гранулометрический состав терригенных пород является чутким индикатором гидродинамических особенностей разных зон бассейна седиментации и тем более — разных обстановок в палеогеографическом аспекте. Поэтому казалось очевидным, что эти «особенности» должны фиксироваться какими-то статистическими характеристиками распределения частиц по размерам (фракциям). Оставалось только выявить эти характеристики, построить в декартовой системе координат диагностическую диаграмму, которую Л. Б. Рухин назвал «генетической»⁷, и по данным гранулометрии уверенно отличать осадки, образованные в прибрежной зоне моря, в руслах рек, в пустыне и на абиссальных глубинах океана.

Долгое время данная логика ретроспективного анализа по данным гранулометрии казалась непогрешимой, она и сегодня служит основой все новых и новых модификаций «генетических диаграмм». Последние вполне надежны для того материала, на котором отрабатывались, и значительно менее достоверны для иных исходных данных, представляющих те же (по названию) обстановки накопления осадка. В чем же тут дело? Скорее всего в том, что традиционное понятие «обстановка осадконакопления» с точки зрения гидродинамики достаточно неопределенно, причем неопределенность эта двойственная. С одной стороны, весьма значи-

⁷ См.: Рухин Л. Б. Гранулометрический метод изучения песков.— Л., 1947.

тельно вариации гидродинамических характеристик в пределах однотипных обстановок, и для того чтобы точно диагностировать разные обстановки, надо быть уверенным в том, что выбранные статистические характеристики распределения частиц по фракциям действительно отражают различия «обстановок», а не изменчивость состава осадка в пределах разных представителей однотипной обстановки. С другой стороны, нет уверенности в том, что разные обстановки в отношении воздействия на осадок во многом схожи. Поэтому и в данном случае необходимо найти такие статистические параметры осадка, которые фиксировали бы различия именно обстановок. Ясно, что путем перебора множества статистических характеристик (при наличии ЭВМ это не составляет труда) все же удастся найти такую их комбинацию, которая удачно разделит на «генетической диаграмме» обстановки накопления осадка, но разделит не обстановки вообще, а только конкретные, опробованные. Такова сегодняшняя практика использования «генетических диаграмм», из-за которой многие геологи разочаровались в гранулометрии как в средстве получения надежной генетической информации о процессах гранулоседиментогенеза геологического прошлого.

Есть ли выход из данной ситуации, которую многие уже склонны считать тупиковой? Есть. Он заключается в разработке моделей процессов осадочной рассортировки в разных обстановках седиментации, которые бы однозначно увязали гидродинамику среды с эмпирическими распределениями частиц по размерам. Тогда, в соответствии с соотношением (2), станет возможным и решение обратных задач, т. е. восстановление функций механизма процесса, различных для разных обстановок накопления осадка⁸.

Попробуем далее типизировать модели терригенного осадконакопления и выявить конкретные особенности разных классов моделей. Сразу оговоримся, что мы рассматриваем только так называемые генетические модели, базирующиеся на представлении о механизме моделируемого процесса. Эти модели в зависимости от техники построения и требуемого конечного результата можно подразделить на три класса: описательные (качественные), имитационные (полуколичественные) и аналитические (количественные).

Описательные модели традиционны для геологии. В них обычно выражаются сложившиеся у исследователя пред-

⁸ См.: Романовский С. И. Седиментологические основы литологии.— Л., 1977.

ставления о том, под влиянием каких факторов формировалась исследуемая толща. В таких моделях важнейшим атрибутом являются наблюдаемые на объекте признаки, которые обычно связываются с конкретными факторами седиментогенеза. Иными словами, суждения о процессе выводятся на основе актуалистической логики, и модель строится по отмеченной уже схеме прямой экстраполяции в прошлое. К описательным можно отнести все традиционные схемы грануло-, страто- и циклогенеза. Они имеют то неоспоримое преимущество, что позволяют получать качественно новое знание об исследуемом явлении, в дальнейшем под-вергаемое более строгой проверке.

В ряде случаев описательные модели используются для более детального исследования взаимосвязи факторов и для оценки той их комбинации, которая вносит наибольший вклад в суммарную изменчивость исходной системы признаков. Тогда описательные модели представляют собой как бы начальный этап исследования, а в дальнейшем они используются для разработки более сложных моделей: имитационных и аналитических. Нами уже была предложена классификация описательных моделей циклогенеза, учитывающая полную группу комбинаций следующих характеристик: глубина пространства возможного накопления, скорости аккумуляции осадков и интенсивности поступления материала в бассейн седиментации. Были выяснены так называемые «запрещенные» для циклогенеза комбинации этих факторов, а наиболее характерные использованы для качественной оценки процесса применительно к терригенным толщам⁹.

Следующий класс моделей — имитационные. Названы они так потому, что имитируют не только конечный результат, т. е. циклически построенную толщу, добиваясь максимального сходства модели с прототипом, но и взаимодействие основных факторов седиментогенеза без специального физического и даже геологического осмысливания этого взаимодействия. Имитационные модели используют в полной мере возможности современной электронно-вычислительной техники, они строятся непосредственно у пульта ЭВМ. Наибольший вклад в технику такого рода моделирования внесли исследования американских геологов Дж. Харбуха и Г. Бонем-Картера.

⁹ См.: Романовский С. И. Стохастическое моделирование процессов слоенакпления как теоретическая основа анализа мощностей при формационном анализе.— Тр. ВСЕГЕИ, 1972, т. 176.

В аналитических моделях предполагается установление функциональной связи между основными характеристиками процесса осадконакопления и признаками объекта. Пока создано не так много моделей, которые бы удовлетворяли геологов в том смысле, что результаты этих моделей использовались бы для разработки цельных генетических концепций на качественном уровне. Можно отметить модель эвапоритового осадконакопления Л. Бриггса и Х. Поллака¹⁰ и модель Дж. Бриджа¹¹, в которой анализируется механизм аллювиального осадконакопления.

Конечно, оптимальный вариант моделирования терригенного осадконакопления с помощью ЭВМ состоит в последовательной итерации разных схем: сначала строится имитационная модель, найденные при этом соотношения между исходными переменными связываются в сложную функциональную зависимость в рамках аналитической модели, а затем выводные зависимости аналитической модели вновь становятся предметом имитационного моделирования. Тогда, в случае удовлетворительного согласия модели с первичным материалом, найденные соотношения между гипотетическими переменными модели приобретают уже отчетливый генетический смысл.

Существует еще ряд вопросов методологического плана, связанных с разработкой моделей литологических процессов. Они касаются главным образом того, что можно назвать «критериями доверия к получаемым результатам». Здесь принципиально возможны три ситуации:

выводная характеристика модели является новым понятием, непроверяемым непосредственно на объекте;

выводная характеристика является функциональной сверткой исходной информации, достаточно легко контролируемой фактическим материалом;

смысловая оценка выводной характеристики очевидна заранее, она соотносится с любым из объектов данного класса.

Первый случай наиболее интересен со всех точек зрения. Действительно, как относиться к модели, результаты которой непосредственно проверить невозможно? Какими критериями оценки при этом руководствоваться? Такие вопросы традиционны для многих проблем теоретической физики, но для геологии они необычны. Попробуем разобрать-

¹⁰ См.: Briggs L. I., Pollack H. N. Digital model of evaporite sedimentation.— Science, 1967, v. 155, N 3761.

¹¹ См.: Bridge J. S. A FORTRAN IV program to simulate alluvial stratigraphy.— Comput. and Geosci., 1979; v. 5, N 3—4.

ся в них на примере модели слоенакопления академика А. Н. Колмогорова¹².

В основе этой модели лежит достаточно общее допущение, справедливость которого не вызывает сомнений: слои (независимо от их литологического состава) формируются в результате накопления и последующего сокращения накопленной мощности осадка. Это сокращение может быть как частичным, приводящим к уменьшению первоначальной (промежуточной) мощности, так и полным, вызванным размывом ранее накопленного осадка. Физическая природа этих факторов не имеет значения: сокращение мощности может быть вызвано и уплотнением осадка, и его частичным или полным размывом. Этапы накопления и размыва чередуются во времени. А. Н. Колмогоров свел свою модель к интегральному уравнению, решением которого является функция, дающая возможность оценить вероятность сохранения в разрезе слоя конечной мощности, или, другими словами, меру стабильности процесса слоенакопления. Именно эта характеристика является новым, принципиально непроверяемым результатом моделирования. Непроверяемым в том смысле, что этому понятию не соответствует ни один из признаков геологического разреза. И все же модель эта заслуживает полного доверия и при использовании в геологических исследованиях по той причине, что она опирается на достаточно общие допущения, использует при этом точную, логически безупречную технику исследования, что и приводит к интересным геологическим следствиям.

Заметим попутно, что модель А. Н. Колмогорова сводится к решению уравнения, относящегося к классу интегральных уравнений Винера — Хопфа, полученных при разработке теории прогнозирования. Сам Н. Винер писал по этому поводу следующее: «...наиболее замечательное использование уравнений Винера — Хопфа относится к случаям, когда граница между двумя разными режимами проходит во времени, а не в пространстве, т. е. иначе говоря, когда один из наших режимов представляет состояние... до некоторого фиксированного момента времени, а второй ...состояние после этого момента. Особенно подходит этот аппарат для разбора некоторых аспектов теории прогнозирования»¹³.

¹² См.: Колмогоров А. Н. Решение одной задачи из теории вероятностей, связанной с вопросом о механизме слоеобразования. — Докл. АН СССР, 1949, т. 65, № 6.

¹³ Винер Н. Я — математик. — М., 1967.

Интегральное уравнение слоенакопления А. Н. Колмогорова связывает распределение вероятностей промежуточных мощностей слоев в процессе формирования слоистой толщи (в прошлом) с распределением вероятностей окончательных мощностей слоев (в будущем). Иными словами, если в моделях марковского типа вероятность появления в разрезе слоя определенного состава в i -й момент времени зависит только от того, какого состава слой появился в $(i-1)$ -й момент времени (т. е. марковские модели должны обладать «памятью» о прошлом), то модели в терминах теории прогнозирования связывают появление «окончательной» реализации процесса с его не прошлыми, а будущими состояниями¹⁴.

Второй случай, когда выводная характеристика модели является функциональной сверткой исходной информации и допускает корректную проверку на фактическом материале, можно проиллюстрировать на примере диффузионной модели оформления фракционной структуры осадка¹⁵.

Суть этой модели сводится к следующему. Известно, что однонаправленный водный поток переносит частицы осадка разного размера (гидравлической крупности), которые осаждаются на разных расстояниях от источника сноса в зависимости от глубины потока h , его скорости u и коэффициента вертикальной диффузии k . Для задач фациального анализа, палеоседиментологии и прогноза россыпных месторождений важно знать связь всех этих характеристик, с тем чтобы можно было прогнозировать заданные концентрации полезного компонента (частиц фиксированного интервала размеров) на определенном расстоянии x от источника сноса. Для этого надо вывести функцию распределения расстояний от источника, на которых осаждаются из водного потока частицы заданной гидравлической крупности w при фиксированных гидродинамических характеристиках потока. Иными словами, при таком подходе реализуется так называемая обратная задача литологии¹⁶, т. е. восстанавливается как бы «история сноса» частиц заданных разме-

¹⁴ Модель А. Н. Колмогорова и все ее возможные геологические следствия детально рассмотрены там же в монографиях. Там же приведены все необходимые расчетные формулы (см.: Романовский С. И. Динамика формирования флиша.— Л., 1976; Он же. Седиментологические основы литологии).

¹⁵ См.: Романовский С. И., Соловейчик Р. Э. Приложение теории турбулентной диффузии к моделированию процессов оформления фракционной структуры осадка.— Тр. ВСЕГЕИ, 1975, т. 223.

¹⁶ См.: Сербуленко М. Г. Об одной постановке прямой и обратной задачи литологии.— Геол. и геофиз., 1968, № 1.

ров. Интересующая нас функция распределения будет иметь вид:

$$Q_0(x) = \frac{\sqrt{u}}{4\sqrt{\pi kx}} \left(\frac{h}{x} + \frac{w}{u} \right) \exp \left[-\frac{ux}{4k} \left(\frac{h}{x} - \frac{w}{u} \right)^2 \right]. \quad (3)$$

Нами эта модель проверялась на современном матерпале (разнос русловым потоком мечепых частиц) и на древнем (распределение в юрских отложениях Мало-Ботуобинского района Западной Якутии зерен пикроильменита)¹⁷. Модель показала хорошую сходимость теоретически полученной функции с фактическим материалом.

Наконец, третий из интересующих нас случаев касается моделей осадкообразования, смысловое значение выводных характеристик которых очевидно. Речь пойдет о марковских моделях слоеобразования в том виде, как их трактуют А. Б. Вистелнус¹⁸ и его последователи.

Как известно, последовательность событий Q_1, Q_2, \dots, Q_m образует цепь Маркова, когда вероятность $P_{ij}(k)$ того, что при k -м испытании наступит событие Q_j , если при $(k-1)$ -м испытании наступило событие Q_i , не зависит от того, какие события происходили при предыдущих испытаниях. События Q_1, Q_2, \dots, Q_m еще называют состояниями цепи Маркова. Теперь осмыслим это определение в геологических терминах. «Состояниями» цепи Маркова будем считать появление в разрезе слоев песчаника, алевролита, аргиллита или даже фиксируемый межслоевой размыв. Закодировав произвольным образом эти слои и посчитав вероятности перехода от слоя фиксированного состава ко всем остальным слоям, получим матрицу вероятностей перехода. Надо подчеркнуть, что такая матрица будет иметь место всегда, независимо от генетического типа толщи. Будет ли, однако, такая цепь марковской? Будет, и также независимо от генетического типа толщи. Это можно доказать, опираясь на любую из известных геологических концепций слоеобразования: на схему Н. А. Головкинского, объясняющую возникновение слоистости миграционного типа, или на схему «простого взмучивания осадка»¹⁹, согласно которой трактуется генезис слоистости мутационного типа. В любом случае под слоем алевролита с большей вероятностью будет лежать

¹⁷ См.: Романовский С. И., Соловейчик Р. Э. Приложение теории турбулентной диффузии к моделированию процессов оформления фракционной структуры осадка.

¹⁸ См.: Вистелнус А. Б. Красочетные отложения полуострова Челекен.— М.—Л., 1966.

¹⁹ Там же.

слой песчаника — это следует и из классической схемы осадочной рассортировки, и из закона Стокса, если слои образуются в результате фракционирования полидисперсной смеси. Последовательность таких «состояний» всегда будет марковской. Для проверки справедливости этого утверждения не требуются даже специальные подсчеты.

Как видим, модели «марковского» типа не добавляют нового знания природного явления, они замыкаются сами на себя и потому являются и методологически и геологически несостоятельными. Речь идет, разумеется, только о тех моделях (их, к сожалению, пока большинство), которые ограничиваются догматической проверкой «на марковость» последовательности пород в разрезе, а, как известно, любой разрез можно моделировать матрицей переходных вероятностей.

В заключение подчеркнем, что любые суждения о геологическом прошлом являются модельными, но конструктивными они становятся только тогда, когда с их помощью удается получить качественно новое знание. Это достигается сознательным построением моделей, фиксирующих взаимосвязь тех характеристик, которые исследователь считает ведущими.

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В МОДЕЛИРОВАНИИ ГЕОХИМИЧЕСКОГО ЦИКЛА И ПРОБЛЕМЫ ЭВОЛЮЦИИ ЛИТОГЕНЕЗА

А. В. СОЧАВА, д-р геол.-мин. наук

Последние три десятилетия мы являемся свидетелями развития и внедрения в различные научные дисциплины общей теории систем, что не без основания рассматривается как одна из важнейших особенностей науки второй половины XX в. Программа построения общей теории систем и сам термин были предложены в 30-х гг. нашего столетия Л. фон Берталанфи¹. Становление современных системных исследований не случайно началось в области физиологии живых организмов, где достаточно очевидно необходимость анализа целостности биологических объектов, подхода к ним как к организованным динамическим системам. Предложенный Л. фон Берталанфи метод анализа открытых эквивиальных систем (т. е. как бы стремящихся к некоторой цели) дал возможность широко использовать в биоло-

¹ См.: Берталанфи Л. фон. Общая теория систем — критический обзор. — В кн.: Исследования по общей теории систем. М., 1969.

гии, экологии и позднее в физической географии и др.² идеи термодинамики, кибернетики и физической химии. Эти смежные с литологией и палеогеографией дисциплины на протяжении последних десятилетий успешно применяют общую теорию систем, в том числе и разработанный в ее рамках математический аппарат, для построения моделей исследуемых процессов. Некоторые из таких моделей, равно как и приемы их построения, могут быть использованы при анализе процессов литогенеза. Кроме того, системный подход к процессам литогенеза предполагает использование метода историзма при построении модели экологических и физико-географических систем, поскольку лишь осадочные породы и палеонтологические остатки свидетельствуют о функционировании этих систем в геологическом прошлом.

В общем виде системный подход предполагает решение следующих задач:

анализ иерархии систем в сфере исследуемых объектов;

анализ внешних и внутренних связей исследуемой системы, выявление механизмов саморегуляции, построение моделей структуры системы;

анализ функционирования системы, изучение потоков вещества и энергии между элементами системы и между системой и окружающей средой;

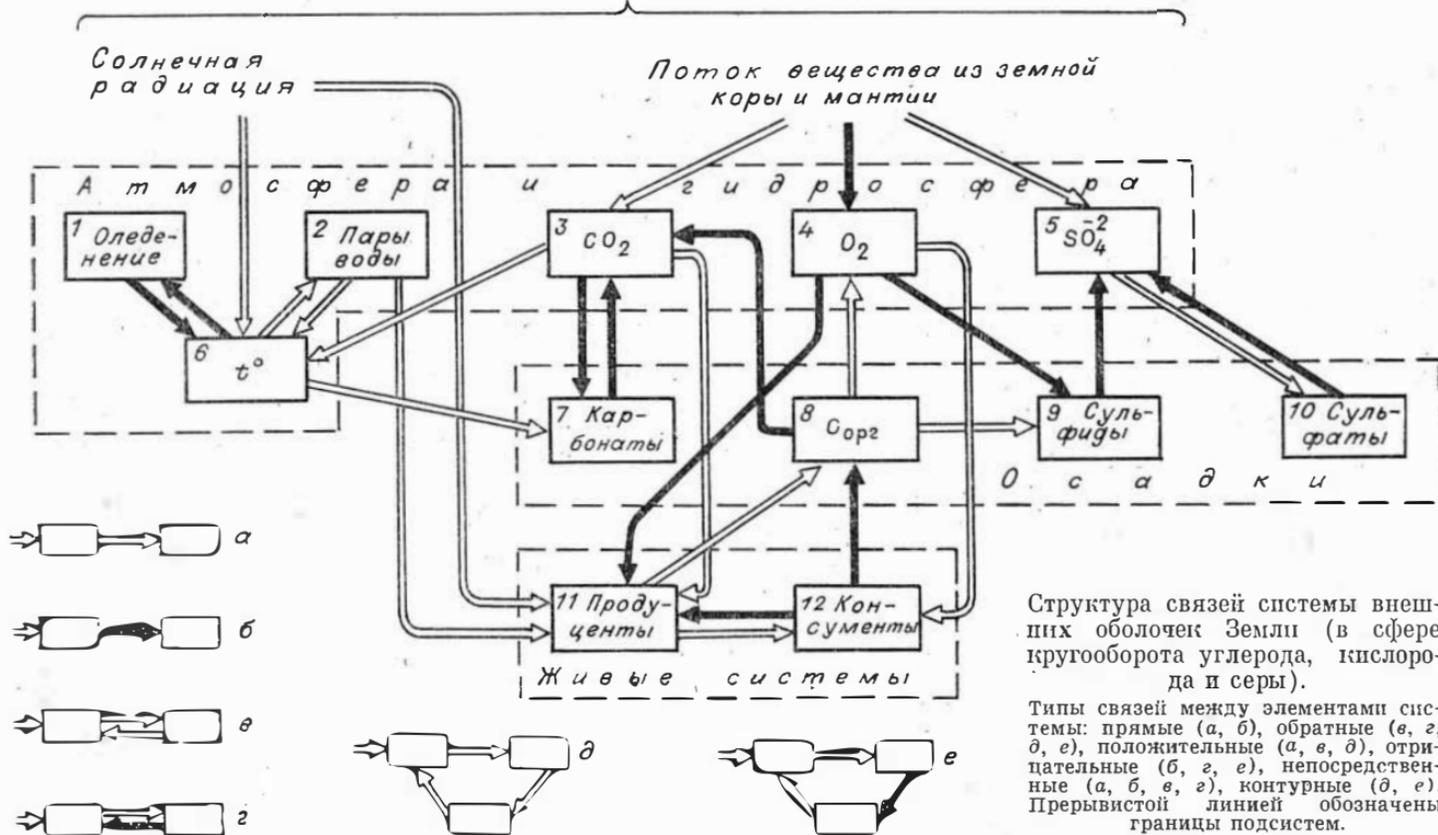
анализ развития системы.

В настоящей статье предпринята попытка рассмотреть с точки зрения перечисленных составляющих системного подхода некоторые вопросы глобального геохимического цикла, где одним из резервуаров веществ, находящихся в круговороте, являются осадочные породы.

Структура системной модели. В предлагаемой модели (см. рисунок) выделены три основные системы внешних оболочек Земли: атмосфера с гидросферой, живые системы и осадки. В каждой из подсистем выделяются элементы. В данной модели рассматриваются лишь некоторые из них — наиболее тесно связанные с кругооборотом углерода, свободного кислорода, серы, а также кругооборотом энергии. Живые системы состоят из двух основных элементов: продуцентов — растений, производящих в процессе фотосинтеза органическое вещество и свободный кислород, и консументов — животных и бактерий, жизнедеятельность которых

² См., например: Одум Ю. Основы экологии.— М., 1975; Сочава В. Б. Введение в учение о геосистемах.— Новосибирск, 1978; Лебедев В. Л., Айзатуллин Т. А., Хайлов К. М. Океан как динамическая система.— Л., 1974.

Внешнее воздействие



Структура связей системы внешних оболочек Земли (в сфере кругооборота углерода, кислорода и серы).

Типы связей между элементами системы: прямые (а, б), обратные (в, г, д, е), положительные (а, в, д), отрицательные (б, г, е), непосредственные (а, б, в, е), контурные (д, е). Прерывистой линией обозначены границы подсистем.

заключается лишь в потреблении органического вещества и свободного кислорода.

Взаимодействие элементов данной модели представляет собой сложное переплетение прямых и обратных положительных и отрицательных связей. Особый интерес представляет анализ действия отрицательных обратных связей, определяющих стабильность систем, их способность к саморегуляции.

Одним из примеров контурной отрицательной обратной связи может служить взаимодействие ее элементов, определяющее квазистационарное состояние резервуара свободного кислорода атмосферы и гидросферы³. Эта связь осуществляется по контуру 4—12—8—4 (см. рисунок). Механизм ее действия следующий. Возрастание содержания O_2 в атмосфере и гидросфере способствует повышению активности консументов (связь 4—12), что приводит к сокращению количества органического углерода, выпадающего из биотического цикла и захороняющегося в осадках (12—8 и 12—11—8). При этом скорость пополнения резерва O_2 атмосферы и гидросферы эквивалентна скорости накопления $C_{орг}$ в осадках (8—4). Наличие такой отрицательной обратной связи определяет стремление кислородной системы атмосферы и гидросферы к стационарному состоянию, при котором в ней поддерживается такой уровень содержания O_2 , который обеспечивает равенство поступления и расхода данного компонента. Следствие из этих построений, важное для понимания развития процессов литогенеза,— прямая зависимость скорости накопления в осадках $C_{орг}$ от скорости поступления в зону гипергенеза восстановленных элементов при денудации областей сноса и дегазации твердых оболочек Земли⁴.

Другой пример контурной отрицательной обратной связи в рассматриваемой модели — взаимозависимость функционирования карбонатной системы и температуры земной поверхности⁵ (контур 6—7—3—6). Возрастание средней температуры земной поверхности должно привести к увеличению скорости накопления карбонатных минералов в осадках (6—7), что, в свою очередь, приведет к сокращению содержания CO_2 в гидросфере и атмосфере (7—3) и, следо-

³ См.: Сочава А. В. Красноцветные формации докембрия и фанерозоя.— Л., 1979.

⁴ Там же.

⁵ См.: Walker J. C. G., Hays P. B., Kasting J. F. A negative feedback mechanism for the long-term stabilization of Earth's surface temperature.— J. Geophys. Res., 1981, v. 86, N C10.

вательно, к понижению температуры земной поверхности в связи с сокращением воздействия «парникового эффекта» (3—6). Этот контур связи также определяет стремление системы к стационарному состоянию, при котором поддерживается средняя температура земной поверхности, необходимая для равенства скоростей поступления углерода в систему атмосферы и гидросферы и его выхода из нее в процессах осадконакопления. Карбонатная система в данном случае, по-видимому, играет роль термостата и обеспечивает относительную независимость температуры земной поверхности от потока внешней энергии, прежде всего солнечной радиации.

Равновесие в системах резервуаров растворенных солей морской воды обеспечивается главным образом зависимостью скорости отложения эвапоритов от концентрации в воде соответствующих ионов. На рисунке подобная непосредственная отрицательная обратная связь продемонстрирована на примере взаимоотношения сульфат-иона морской воды и сульфатных солей в осадках (5—10—5): возрастание содержания сульфат-иона в морской воде приводит к увеличению количества сульфатов, выпадающих в осадок, а последнее способствует сокращению концентрации сульфат-иона в морской воде.

Устойчивое состояние отдельных резервуаров геохимического цикла во многих случаях определяется не одним, а несколькими параллельно действующими контурами связей. Например, компенсация увеличения скорости расхода O_2 атмосферы при возрастании потока вещества из твердых оболочек Земли в атмосферу и гидросферу определяется не только действием описанной выше связи по контуру 4—12—8—4, но и связями по контурам 4—11—8—4, «поток вещества» — 3—11—8—4 и «поток вещества» — 3—6—2—11—8—4 и т. д.

Совместное действие многих отрицательных обратных связей, подобных описанным выше, определяет общую саморегуляцию, или гомеостаз, внешних оболочек Земли — способность данной динамической системы противостоять поступающим извне возмущениям и поддерживать состояние равновесия. Гомеостаз — одно из свойств живых систем, таких как организмы или популяции, является также важнейшей особенностью экологических систем, в том числе экологической системы высшего иерархического уровня — биосферы.

Изложенные выше соображения представляют собой лишь гипотетический вариант модели системы внешних обо-

лочек Земли. Разработка такой модели потребует, с одной стороны, изучения и математического выражения каждой из указанных на рисунке связей, а с другой — введения в модель большего числа элементов и связей. Моделирование столь сложных систем возможно лишь с использованием ЭВМ.

Функционирование элементов системной модели. Процессы литогенеза — один из этапов круговорота вещества между твердыми оболочками Земли, гидросферой, атмосферой и живыми системами. Изучение особенностей этого круговорота — геохимического цикла — одна из фундаментальных задач геологии. В последние десятилетия получены исходные данные для количественной оценки глобальных скоростей потоков вещества по каналам геохимического цикла⁶. Установлено, что количество химически активных компонентов, прошедших через систему атмосферы и гидросферы на протяжении геологической истории Земли, во много раз превышает количество этих компонентов, находящихся в этой системе в настоящее время. Так, среднее для фанерозоя время пребывания O_2 в атмосфере и гидросфере составило ~10 млн. лет, углерода — 0,2 млн., серы в морской воде — 20 млн. лет и т. д. Эти данные привели к построению моделей геохимического цикла, предполагающих быстрый в геологических масштабах времени переход резервуаров химически активных компонентов атмосферы и гидросферы в состояние, близкое к стационарному⁷.

Способность систем поддерживать состояние динамического равновесия, обусловленное действием отрицательных обратных связей, определяет значительно более жесткую, чем предполагалось ранее, связь эндогенных и экзогенных геологических процессов. Наличие такой связи продемонстрировано А. Б. Роповым⁸ на примере зависимости глобальной скорости накопления карбонатных пород от скорости поступления углерода в атмосферу и гидросферу из эндогенных источников. Циклические изменения интенсив-

⁶ См.: Ропов А. Б. Вулканизм, карбонатакопление, жизнь (закономерности глобальной геохимии углерода). — Геохимия, 1976, № 8; Гаррелс Р. М. Круговорот углерода, кислорода и серы в течение геологического времени. Чтения им. В. И. Вернадского. — М., 1975; и др.

⁷ См.: Гаррелс Р. М. Круговорот углерода, кислорода и серы в течение геологического времени. Чтения им. В. И. Вернадского; Яровский А. А. Динамика геохимического цикла и проблема эволюции осадочной оболочки. — В кн.: Геохимия платформенных и геосинклинальных осадочных пород и руд. М., 1983.

⁸ См.: Ропов А. Б. Вулканизм, карбонатакопление, жизнь (закономерности глобальной геохимии углерода).

ности и характера тектонических и магматических процессов определяют соответствующие изменения особенностей потоков вещества на входе в систему атмосферы и гидросферы, что, в свою очередь, оказывает адекватное воздействие на процессы глобального литогенеза — поток вещества на выходе из данной системы.

Развитие элементов системной модели. Можно выделить две группы факторов, определяющих развитие системы, находящейся в квазистационарном состоянии: изменение ее кинетических параметров (потоков вещества и энергии из внешних источников) и эволюцию структуры системы.

Как следствие изменения кинетических параметров системы можно рассматривать одно из эмпирически установленных проявлений эволюции литогенеза — эволюцию процесса карбонатакопления. Известно, что для раннего докембрия характерен наиболее сложный состав карбонатных пород — широкое распространение известняков, доломитов и сидеритов; в позднем докембрии и раннем палеозое карбонаты представлены преимущественно известняками и доломитами, а в мезозое и кайнозое — главным образом известняками. Поскольку как на ранних, так и на поздних этапах истории литогенеза основная часть кальция накапливалась в осадочных комплексах в составе карбонатов, можно сделать заключение, что в докембрии поток углекислоты в резервуар атмосферы и гидросферы существенно превышал поток кальция и мог быть компенсирован карбонатакоплением лишь при участии в нем не только кальция, но и магния и железа.

В процессе эволюции состава земной коры происходили изменения в соотношении потоков, участвующих в карбонатакоплении катионов. Согласно расчетам А. Б. Ронов⁹, в составе пород областей размыта материков на протяжении геологической истории происходило сокращение содержания железа и магния и возрастание соотношения CaO/MgO . По мере увеличения величины потока кальция в гидросферу из участвующих в карбонатакоплении катионов последовательно исключались сначала железо, а затем магний. В позднем фанерозое поток углерода в системе компенсировался накоплением преимущественно карбонатов кальция.

На основе этих данных можно сделать предположение о повышенном содержании CO_2 во внешних оболочках Земли

⁹ См.: Ронов А. Б. Осадочная оболочка Земли: количественные закономерности строения, состава и эволюции. Двадцатое чтение им. В. И. Вернадского.— М., 1980.

в докембрии и раннем фанерозое, поскольку повышение содержания углекислоты в гидросфере есть один (хотя и не единственный) из возможных факторов, способствующих осаждению карбонатов магния. Вместе с тем это свойство атмосферы и гидросферы, если оно имело место, определялось процессами саморегуляции системы, а не было, как принято считать, унаследовано от мощной первичной атмосферы, которая лишь в последующие эпохи была «очищена» от CO_2 процессом карбонатакопления и накопления органического углерода в осадочных породах.

Важнейшая сторона развития структуры системы внешних оболочек Земли — эволюция живых организмов. Возрастание продуктивности автотрофных организмов (продуцентов), эволюция консументов, расширение сферы участия организмов в процессах карбонатакопления и некоторые другие явления должны были привести к изменению условий, формирующих динамическое равновесие резервуаров веществ данной системы. Первое из перечисленных направлений процесса эволюции способствовало повышению содержания свободного кислорода в атмосфере, второе — его снижению, а третье — снижению содержания CO_2 в атмосфере и общему похолоданию климата Земли.

Биологическая эволюция, по-видимому, способствовала также увеличению стабильности системы внешних оболочек Земли (их гомеостатических свойств), т. е. сокращению амплитуды колебаний основных параметров биосферы в ответ на изменение внешнего воздействия. Как свидетельствуют данные экологии, именно по этому пути происходит изменение экологических систем по мере их созревания¹⁰. Проиллюстрировать это можно следующими эмпирическими данными. Изучение изотопных соотношений кислорода и водорода в докембрийских кремнистых породах¹¹ позволило сделать вывод об относительно высоких температурах поверхности Земли на ранних этапах ее истории (~70°C в архее и 50°C в протерозое), значительно превышающих средние температуры фанерозойского этапа. С другой стороны, литологические наблюдения позволили установить в докембрии продолжительные эры материковых оледенений, не уступав-

¹⁰ См.: Одум Ю. Основы экологии.

¹¹ См.: Knauth L. P., Epstein S. Hydrogen and oxygen isotope ratios in nodular and bedded cherts.— *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1976, v. 40, N 9; Knauth L. P., Lowe D. R. Oxygen isotope geochemistry of cherts from the Onverwacht Group (3, 4 b. y.), Transvaal, South Africa, with implications for secular variations in the isotopic composition of cherts.— *Earth Planet. Sci. Lett.*, 1978, v. 41, N 2.

ших оледенениям фанерозоя, а возможно, и превосходивших последние по масштабам¹². Сопоставляя эти данные, можно заключить, что на протяжении геологической истории имело место сокращение амплитуды колебаний средних температур поверхности Земли, характеризовавших отдельные продолжительные эпохи. Известны и другие изотопные данные, свидетельствующие о тенденции к стабилизации некоторых геохимических параметров атмосферы и гидросферы на протяжении геологической истории. К их числу относятся данные о сокращении во времени амплитуды колебаний изотопных соотношений углерода в карбонатных породах¹³ и серы в сульфатных¹⁴.

Как мы знаем, диапазон физико-химических условий, пригодных для существования низших форм жизни, значительно шире, чем для существования высших растений и животных. Весьма вероятно, что одним из главных факторов, сдерживающих эволюцию высших форм жизни в докембрии, были существенные колебания физико-химических параметров среды, и развитие высших форм жизни фанерозоя могло начаться лишь после того, как способность биосферы к гомеостазу достигла уровня, обеспечивающего непрерывность сохранения пригодных для их существования условий. Таким образом, в эволюции биосферы важную роль играет, по-видимому, следующая положительная обратная связь: биологическое развитие способствует возрастанию гомеостатических свойств системы, что, в свою очередь, создает предпосылки для дальнейшей эволюции жизни.

Системный подход к анализу экзогенных процессов позволяет выявить элемент целесообразности в изменении поверхностных условий в геологической истории Земли. До недавнего времени в теории литогенеза постулировалось, что накопление в ту или иную геологическую эпоху комплекса осадочных пород определенного состава контролировалось условиями среды, изменение которых связано с внешними, в основном не зависящими от седиментации факторами. С позиций системного подхода можно предположить иной характер взаимосвязи явлений: общий состав осадочных пород, отлагающихся в глобальном масштабе за длительные

¹² См.: Чумаков Н. М. Докембрийские тиллиты и тиллоиды.— М., 1978.

¹³ См.: Галимов Э. М., Мигдисов А. А., Ронов А. Б. Вариации изотопного состава карбонатного и органического углерода осадочных пород в истории Земли.— Геохимия, 1975, № 3.

¹⁴ См.: Holser W. T., Kaplan I. R. Isotope geochemistry of sedimentary sulfates.— Chem. Geol., 1966, v. I, N 2.

промежутки геологического времени, определяется составом потока вещества на входе в систему поверхностных оболочек. При этом процессы саморегуляции реализуют в поверхностной зоне Земли такие условия, которые способны обеспечить накопление в областях седиментации комплекса осадков, общий химический состав которого соответствует составу вещества, поступившего в данную систему за рассматриваемый отрезок времени.

Анализ действия механизмов саморегуляции внешних оболочек Земли позволяет по-новому трактовать данные о направленном и циклическом развитии процессов седиментации и дает возможность глубже прощупать в понимании механизмов взаимосвязи тектонических, седиментационных и биологических явлений в истории Земли.

МЕСТО СИСТЕМНОГО ПОДХОДА В ГЕОЛОГИЧЕСКОМ ИССЛЕДОВАНИИ И ЕГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ДРУГИМИ МЕТОДАМИ ГЕОЛОГИИ

Я. Е. ШАЕВИЧ, канд. геол.-мин. наук

Современная геологическая наука своим становлением во многом обязана историко-генетической концепции, учитывающей время происхождения вещества и процессов. В центре внимания сторонников этой концепции находятся вещество и его генезис, однако, как стало понятно, изучение последнего невозможно без выявления источников вещества, механизмов его превращения и передвижения. Поэтому «если в прошлом веке ученых интересовал вопрос (главным образом), почему происходят те или иные явления и процессы, т. е. каково их происхождение, то в XX столетии встал вопрос о том, каким путем они осуществлялись, т. е. какова их внутренняя организация независимо от генезиса»¹. Именно это обострило интерес к методологическим аспектам науки. Если традиционная теоретическая геология представляла собой сочетание неконтролируемых гипотетических построений с культом первичных данных, якобы свободных от методологических установок наблюдателя, то теперь наступило время решительного пересмотра парадигмы и стремления максимально повысить эффективность про-

¹ **Высоцкий Б. П.** Возникновение униформизма и соотношение его с актуализмом.— В кн.: Очерки по истории геологических знаний, вып. 9. М., 1964, с. 100.

цедуры получения теоретического знания². Это проявляется прежде всего в использовании системного подхода в геологических исследованиях. Однако не следует игнорировать традиционные методы геологии, умалять значение исторического подхода и тем более заменять его системным.

Процесс проникновения идей системного подхода в геологию характеризуется рядом особенностей, обусловленных, в частности, традициями этой науки, ее современным уровнем и тенденциями развития. К сожалению, в геологической литературе немного работ, где бы предпринимались попытки дать оценку историческому и системному подходам, вскрыть их соотношение и взаимосвязь как в общетеоретическом плане, так и применительно к геологии.

При использовании системного подхода в геологии необходимо иметь в виду, что он, непосредственно не решая философских проблем, сталкивается с необходимостью философского истолкования своих положений³. Сама история становления системного подхода убедительно показывает, что он неразрывно связан с фундаментальными идеями материалистической диалектики, и прежде всего с философским принципом системности, получившим наиболее глубокую разработку в трудах классиков марксизма-ленинизма. Именно диалектический материализм дает наиболее адекватное философско-мировоззренческое истолкование системному подходу: вооружая последний методологией, он вместе с тем обогащает собственное содержание. При этом между диалектикой и системным подходом сохраняются отношения субординации, так как они представляют собой разные уровни методологии.

Следует отметить связь между системным подходом и историческим. Она обусловлена тем, что последний предполагает рассмотрение объектов как становящихся и развивающихся систем. Изначально сама объективная специфика изучаемого объекта (его естественно-исторический характер) обусловила и основные принципы его познания: принцип системности и принцип историзма в их органической связи друг с другом⁴. В неявной форме они уже имели место в представлениях древних философов и в ранних натурфилософских системах, долгое время составляя их основное ядро, независимо от того, к какому философскому направлению принадлежала та или иная система — материализму или идеализму.

² См.: *Методы теоретической геологии*. — Л., 1978.

³ См.: *Философский энциклопедический словарь*. — М., 1983, с. 613.

⁴ См.: *Философские основания естествознания*. — М., 1977.

С формированием геологии как науки последнее перестало быть для нее безразличным и приобрело существеннейшее значение при обосновании ее исходных теоретических принципов. Философские взгляды на различные стороны жизни нашей планеты стали все в большей степени получать подтверждение в конкретно-научном выражении благодаря эмпирическим обобщениям (исследования Агриколы, Аллиси, Л. да Винчи, Н. Стенона и др.). Открытия Н. Коперника, Г. Галилея, Дж. Бруно, Р. Декарта, Г.-В. Лейбница, И. Ньютона способствовали все более интенсивному включению в геологическую теорию принципов и методов механики. Примечательно, что при изучении геологических явлений даже с механистических позиций, начиная с эпохи Возрождения, получают свое обоснование не только идеи системности, но и идеи историзма: при рассмотрении Земли как целостной системы (И. Кант) и при изучении последовательной смены ее состояний и образования ее исторически формирующихся слоев или уровней (М. В. Ломоносов).

Между тем в «героический период» поисков «общих теорий Земли», как и системного изучения динамики ее поверхности, «органической целостности» геологической системы, еще не были получены результаты, на основе которых могли бы быть полностью выявлены принципы геологии, в том числе и основные ее принципы: системность и историзм⁵. Эмпирические данные к такому обоснованию и не могли привести; что же касается теории науки, то здесь этому препятствовало усиливающаяся значение в ее структуре принципов механики, а затем и других физических принципов. Последние не объясняли специфики организации системы, всей ее динамики в единое целое, ибо выявление механизма такой целостности выходило за рамки компетенции физики, как выходило за рамки компетенции этой науки и объяснение ее историзма.

Первым приближением к новой методологии и новым философским основаниям геологической науки явилась концепция Ч. Лайеля, изложенная им в книге «Основные начала геологии, или новейшие изменения Земли и ее обитателей». Спустя 80 лет после М. В. Ломоносова Лайель анализирует геологическую систему в ее собственной естественной природной динамике. В принципе униформизма Ч. Лайеля нам видятся исходные основания принципа системности в геологии — инвариантность механизмов действия всех геологических факторов независимо от изменения места и времени.

⁵ Там же.

Может быть, именно признание идеи подобной инвариантности привело к тому, что в последние десятилетия значительно уменьшился интерес геологов к методам и принципам актуализма, зато чаще стали попытки использовать в исследованиях системный подход. На наш взгляд, отказываться в исследованиях (особенно при изучении субэвраль-ных образований) от принципа актуализма преждевременно. Актуалистический метод в современной интерпретации основывается на сложной циклично-необратимой структуре процесса, что соответствует представлению о необратимости изменения важнейших закономерностей. Вместе с тем следует иметь в виду, что и в одной области геологии актуалистический метод не может рассматриваться как единственный и не зависящий от остальных приемов исторического исследования⁶. Дело в том, что современное состояние природы, если исходить из диалектической концепции ее развития, может быть понято только в его становлении и развитии, что предполагает вскрытие исторических связей с предшествующими состояниями, из которых оно рождается. Поэтому принципиальным является положение о необходимости изучения геологического объекта в целостности его функционирования, что предполагает использование прежде всего системного подхода.

Системный подход в геологии подразумевает рассмотрение геологических тел (объектов), процессов и явлений как систем с генетической структурой, целостность которой обеспечивается исторической траекторией существования системы.

Специфика системного подхода в геологии может быть выявлена при учете временного аспекта геологических процессов. Кроме того, при применении системного метода необходимо иметь в виду, что геологическая система обязательно включает в континуально сжатом виде свое прошлое. Значит, этот метод в геологии должен обязательно охватывать и временной аспект с ориентацией на установление, прослеживание «траектории существования» геологических объектов. При этом следует особо подчеркнуть, что объекты геологии постоянно эволюционируют.

Любой объект сначала представляется исследователю как сложное целое, включающее в себя множество еще не выявленных и не зафиксированных составляющих, находящихся к тому же в видимом прострапственном и временном

⁶ См.: Шанцер Е. В. К методологии историко-геологического исследования. — В кн.: Геотектоника. М., 1970.

беспорядке. Часть этих составляющих дана исследователю непосредственно — это так называемые внешние эмпирические составляющие целого. Другая часть может быть выявлена и зафиксирована только с помощью анализа, определенной «обработки» внешних составляющих — это внутренние составляющие целого. Среди последних мы различаем элементы, связи, структуры и т. д.

Многие понятия и термины системного подхода, такие как «элемент», «структура», «функция», «связь», «взаимоотношение», «целостность» и, наконец, само понятие «система», не имеют пока однозначного толкования. Отсутствует и единое мнение о границах применения системного подхода. Многие исследователи считают, что к классу систем могут быть отнесены только биологические, психологические, социальные и сложные технические системы. Вряд ли стоит доказывать, что рассмотрение геологических объектов в системном аспекте также правомерно и необходимо. Это в какой-то мере мы показали выше. Более того, объекты геологии очень удобно представлять как сложные системы с характерными для них типами взаимосвязи и взаимодействия составляющих элементов различного уровня организации.

Рассматривая геологический объект как систему, мы одновременно изучаем его как продукт развития Земли на определенной стадии. Такая система характеризуется множеством составляющих ее компонентов (с различными уровнями структурной организации вещества) и связей, интегрирующихся в единое целое общими закономерностями развития системы.

Внутренний механизм геологического развития чрезвычайно сложен, ибо включает в себя все многообразие физических, химических, биологических и других законов и связей. Однако особенности геологического развития не могут быть сведены к одному из этих законов или связей. Геологическое развитие находит свое выражение в образовании геологических тел (объектов) различного уровня (минералов, горных пород, породных слоев, формаций и т. д.). Способом существования этих тел является геологическая форма движения материи.

Характерной особенностью системного подхода является то, что он абстрагируется от вещественно-энергетической стороны системы, сосредоточивая внимание на ее законах функционирования и организации. Такое абстрагирование является упрощением реальных процессов, но только оно позволяет глубоко проникнуть в сущность наиболее общих законов их динамики.

Любой геологический объект может быть рассмотрен как система в двух аспектах. Во-первых, это данный объект, фиксированный геологическими методами в настоящем. Во-вторых, это история данного объекта, представленная как строго упорядоченное, структурно оформленное множество его состояний от возникновения до настоящего момента. Отсюда следует, что историко-генетическая парадигма геологии не только не должна быть заменена или просто дополнена системным подходом, но является необходимым методологическим условием для полного «вертикального» (учитывая вектор времени) и «горизонтального» применений системного подхода.

Определение перспектив развития современной геологии (и ряда других наук) так или иначе связано с решением вопроса о соотношении историко-генетического и системного аспектов исследования. Соотношение это в разных науках различное и меняется во времени. В методологический арсенал геологии (в отличие от физики и химии) входят наряду со структурными исторические компоненты рассмотрения ее объектов. Традиционно в геологии гипотезы о процессуальных характеристиках ее объектов создавались раньше, чем были исследованы структурные и морфологические характеристики последних. Этим объясняются некоторые недостатки историко-генетических реконструкций, а также скепсис по отношению к их ценности.

Системный подход в геологии может реализоваться двумя способами. «Генетико-структурный способ» — так можно было бы назвать тот «логический» способ исследования, с помощью которого на основе изучения структурного ряда системы воспроизводят процесс развития системы (и, следовательно, ее генетические отношения) в форме теории. «Структурно-генетический способ» — так можно было бы назвать тот «исторический» способ исследования, с помощью которого на основе изучения генетического ряда системы воспроизводят процесс развития системы (и, следовательно, ее структуру) в форме истории.

На современном этапе развития геологических знаний представляются односторонними как историко-генетическая концепция развития геологии, так и структурно-статистический подход⁷. Новым тенденциям в науке более соответствует диалектический синтез историко-генетического и системно-структурного подходов, предполагающий использова-

⁷См.: Онопришко В. И. Природа геологического исследования. — Киев, 1981.

ние идей, методов, моделей теоретического естествознания для корректирования и совершенствования средств исторического реконструирования. Системный подход, позволяющий дифференцировать и структурализовать анализ генетических связей геологического объекта, способствует повышению истинности знания, получаемого путем ретросказания и генетических реконструкций. С развитием геологии, направленным на установление единства пространственного строения и генезиса геологического объекта, расширяется область применения системно-структурного метода. Целостные характеристики геологических процессов нельзя адекватно отобразить без использования средств и методов системного подхода, основанных на непричинной детерминации, на анализе связей сосуществования и корреляции. В то же время развитие может быть выражено с помощью системных критериев на базе понятия генетической структуры. Единство историко-генетического и системного подходов способствует решению проблем экологизации геологии, выявлению законов взаимодействия геологической системы с экосистемой, которые столь актуальны в современной ситуации.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД

Г. Ф. КРАШЕНИННИКОВ, д-р геол.-мин. наук

Генетическое направление является в настоящее время основным во всех науках геологического цикла: в региональной геологии, геотектонике, инженерной геологии, литологии и т. д. Это значит, что кроме вопросов «что?», «где?» и «когда?», ответы на которые можно получить главным образом путем эмпирического наблюдения и эксперимента, все шире и настойчивее ставятся вопросы «как?» и «почему?», правильный ответ на которые обязательно требует генетического осмысления и генетического истолкования наблюдений. Так, литологов интересует, почему и как породы и связанные с ними полезные ископаемые приобрели те или иные свойства. Этот интерес вызван возросшей необходимостью комплексного использования горных пород в народном хозяйстве, освоением новых видов минерального сырья и расширением применения традиционных видов полезных ископаемых. Кроме того, знания о свойствах пород необходимы при сооружении глубоких шахт, строительстве в районах вечной мерзлоты и т. д. Важен также прогноз по-

ведущия и изменения свойств полезных компонентов пород на глубине. Все это возможно только на генетической основе.

Горная порода — это объективная реальность, но пока она не познана, она остается «вещью в себе» и никак нами не может быть использована. Начиная познавать эту «вещь», мы получаем представление о ней и тогда можем использовать ее для своих нужд. В этом случае практика является критерием истинности наших представлений, т. е. соответствия их объективной реальности. Уже древний человек имел правильные представления о некоторых породах и целесообразно их использовал, уже тогда «вещи в себе» становились «вещами для нас». Сейчас эмпирического знания мало, и мы стремимся установить, как образовалась данная порода и почему у нее именно такие свойства. Тем самым мы поднимаемся в нашем познании на более высокую и качественно новую ступень. Однако исследование генезиса ископаемых пород существенно затруднено из-за того, что последний занимает длительные геологические эпохи и мы не можем наблюдать его в полном объеме, а потому вынуждены восстанавливать данный процесс теоретически на основе имеющихся его результатов. При такой реконструкции большую, если не решающую, роль играет субъективный фактор, а между тем законы, выявленные в ходе исследования, должны правильно отражать природные процессы.

Что следует понимать под генезисом осадочной породы? На этот счет существуют разные мнения. Не останавливаясь на обсуждении других точек зрения, отметим лишь, что мы считаем целесообразным понимать под генезисом осадочной породы все пять основных этапов (стадий) ее формирования, которые названы и кратко охарактеризованы в таблице. Отметим также, что все эти этапы диалектически связаны друг с другом. Например, выветривание находится в противоречии с переносом, так как последний прекращает выветривание, однако перенос не может осуществиться без предварительной подготовки вещества выветриванием. Перенос также находится в противоречии с накоплением, хотя осадочная дифференциация вещества, реализуемая в процессе накопления, подготавливается в ходе переноса и т. д. Следует обратить особое внимание на противоречивую роль выветривания по отношению ко всем другим этапам осадочного процесса. В самом деле, выветривание готовит вещество для переноса и для дальнейших этапов и, таким образом, представляет собой начальный, материнский этап осадкообразования. Даже органогенные породы — карбонатные и

Основные этапы осадочного породообразования

Этап	Главный действующий фактор	Главный процесс	Принцип типизации
Мобилизация	Выветривание, вулканизм	Переход вещества горных пород и организмов в транспортное состояние	По палеорельефу и палеоклимату, химизму магмы и типу извержений
Перенос	Динамика и химизм транспортирующей среды	Транспортировка вещества при преобладании живой силы среды	По фазовому состоянию среды и дальности переноса
Накопление	Сила тяжести, организмы, химизм среды	Образование нерастворимых соединений, осаждение и закрепление осадка на дне	По физико-географической обстановке и генетическим типам и фациям отложений
Диагенез	Иловые растворы, микроорганизмы, органические вещества	Взаимодействие вещества осадка со средой (превращение осадка в породу)	По физико-химическим условиям в иле
Катагенез	Подземные воды, температура, давление	Преобразование вещества пород	По степени катагенетических преобразований

кремнистые — получают исходное вещество из растворов, используемых организмами; а образовались растворы в ходе химического выветривания в питающих провинциях. В свою очередь, сформировавшиеся породы, попадая из земных недр на поверхность или оказываясь около нее за счет размыва вышележащих напластований, вновь испытывают воздействие поверхностного выветривания. Но в данном случае выветривание действует деструктивно по отношению к породе, т. е. разрушает ее. Следовательно, этот новый этап является конструктивным, осадкообразующим лишь для последующих осадков — тех, которые будут сформированы в результате нового осадочного цикла. Иными словами, выветривание деструктивно по отношению к предыдущим этапам формирования осадочной породы и конструктивно по отношению к будущей осадочной породе. В этом можно видеть

важную диалектическую сторону рассматриваемого этапа осадочного процесса.

Одним из приемов генетического истолкования результатов наблюдений над ископаемыми породами, имеющим и важное методологическое значение, является метод актуализма, который, как известно, широко использовал еще М. В. Ломоносов¹. Принцип актуализма в его униформистском варианте подвергся заслуженной критике Ф. Энгельсом². Позднее по поводу возможностей метода актуализма и правомерности «принципа актуализма» неоднократно возникали споры, в том числе в ходе литологической дискуссии 1949—1955 гг.³ На наш взгляд, в настоящее время необходимость в продолжении этой дискуссии отпала, поскольку найдено, по-видимому, верное решение. Заключается оно в том, что актуалистический метод вполне правомерен, но при обязательном условии использования его на исторической основе, т. е. с учетом как обратимых, так и необратимых процессов в геологическом развитии Земли. Аналогичную точку зрения высказал недавно и Ю. П. Казанский⁴. Что же касается «принципа актуализма», то здесь прежде всего нужно договориться о том, что следует понимать под этим «принципом». Мы считаем, что «принцип актуализма» можно выразить тезисом «настоящее есть ключ к пониманию прошлого». Конкретной реализацией этого принципа является метод актуализма.

Очень важными, при генетическом изучении осадочных образований, являются понятия генетических типов и фаций отложений. По поводу того, как следует использовать эти понятия, существует множество точек зрения, а также десятки определений соответствующих понятий. Однако споры и взаимное непонимание возникают главным образом потому, что одним и тем же словом, например «фация», разные исследователи называют разные вещи. На наш взгляд, генетический тип целесообразно трактовать как комплекс осадочных образований определенного состава, сформированных в одной обстановке, преимущественно под действием общего ведущего геологического агента, и часто имеющих характерное геоморфологическое выражение на суше или на морском дне. Такое ограничение данного поня-

¹ См.: Ломоносов М. В. О слоях земных.— М.— Л., 1949.

² См.: Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 20.

³ См., например: К вопросу о состоянии науки об осадочных породах.— М., 1951.

⁴ См.: Казанский Ю. П. Введение в теорию осадконакопления.— Новосибирск, 1983.

тия (общность обстановки, единство ведущего геологического агента и характерное геоморфологическое выражение) было введено А. П. Павловым⁵ и с тех пор поддерживается многими исследователями. Но принятие этого ограничения объема понятия «генетический тип» требует особых терминов как для более крупных, так и для более мелких таксономических единиц. Здесь можно воспользоваться предложенными Т. Н. Давыдовой и Ц. Л. Гольдштейн терминами «генетический комплекс» для парагенетического сочетания генетических типов и «генетическая ассоциация» для парагенетического сочетания генетических комплексов⁶. Для более мелких составных звеньев генетического типа, представленных уже отдельными видами пород, нами был предложен термин «генетический вид отложений»⁷. Таким образом, намечается следующий ряд генетических понятий (от более мелких к более крупным): генетический вид — генетический тип — генетический комплекс — генетическая ассоциация.

Понятие фаций отложений является очень важным и используется не только в литологии, но и во многих других ветвях геологии, однако определено еще менее четко, чем понятие генетического типа. Не рассматривая дискуссионные стороны определения термина «фация», что было недавно сделано нами в специальной статье⁸, укажем лишь, что наиболее целесообразным нам представляется трактовать фацию как отложения определенного возраста, отличающиеся составом и условиями образования от соседних отложений того же возраста. Тем самым в определение вводится хронологический элемент, что является важной характерной чертой фации. Как видим, фации отличаются от генетических типов двумя главными особенностями. Во-первых, генетические типы не имеют такой обязательной возрастной (стратиграфической) привязки, какую должны иметь фации. Это означает, что генетические типы можно рассматривать вне конкретных стратиграфических единиц и не обязательно в связи с соседними одновозрастными гене-

⁵ См.: Павлов А. П. Генетические типы материковых образований ледниковой и послеледниковой эпохи.— Изв. Геол. том., 1888, т. 7, № 9.

⁶ См.: Давыдова Т. Н., Гольдштейн Ц. Л. Литологические исследования в Бурейском бассейне.— М., 1949.

⁷ См.: Крашенинников Г. Ф. Фации и генетические типы осадочных образований.— Бюл. МОИП. Отд. геол., 1981, т. 56, вып. 3.

⁸ См.: Крашенинников Г. Ф. Понятие «фация» и методические вопросы фациального анализа.— Литология и полез. ископаемые, 1983, № 5.

тическими типами. Во-вторых, генетические типы ограничены единством действующего при их образовании геологического агента, а также единством геоморфологического выражения. Для фаций такого ограничения нет, и они могут иметь самый разный объем. Так, разновозрастные генетические типы одновременно являются и фациями соответствующей эпохи. Например, современные генетические типы на суше или на морском дне являются фациями современной эпохи. Точно так же виды отложений, которые выделены в пределах одного генетического типа, например русловые, пойменные, старичные и болотные виды отложений в аллювиальном генетическом типе, являются фациями данного генетического типа, так как они в геологическом смысле имеют одинаковый возраст. Аналогично генетические типы, выделяемые в пределах одного генетического комплекса, например аллювиальный, делювиальный, оползневой и другие типы в комплексе речной долины, также могут не без основания рассматриваться в качестве фаций этой долины. Даже очень крупные геологические тела, такие как формации, могут выступать фациями. Например, угленосная формация среднего карбона Донецкого бассейна может рассматриваться как одна из фаций среднего карбона Русской платформы, а разновозрастная с пей карбонатная формация Московской сипеклизы — как другая фация. Именно этот пример использовал в свое время Н. С. Шатский, обсуждая вопрос о содержании понятия фаций отложения⁹.

В таком понимании фации являются главной категорией при палеогеографических реконструкциях, поскольку эти реконструкции всегда осуществляются для определенных отрезков времени. Поэтому выявление фаций для соответствующих отрезков времени — это главный методический прием палеогеографических исследований.

Остановимся теперь на другом аспекте генетического изучения осадочных пород — проблеме времени. Нередко приходится читать и слышать о том, что время является одним из «факторов» осадочного процесса,ряду с другими «факторами», такими как климат, тектонический режим, органический мир, рельеф и т. д. С подобной интерпретацией времени нельзя согласиться. В самом деле, коренное отличие времени от всех указанных выше факторов заключается в том, что оно неизменно действует всегда и везде,

⁹ См.: Шатский Н. С. Очерки тектоники Волго-Уральской нефтеносной области и южной части западного склона Южного Урала.— М., 1945.

совершенно независимо от всех процессов формирования осадочных пород. При этом время всегда действует в одном и только в одном направлении. Поэтому время, на наш взгляд, следует рассматривать как вполне особую и самостоятельную категорию, действующую на осадочное породообразование через любые другие факторы, усиливая их воздействие на все породообразующие процессы. Ясно, что чем дольше действует тот или иной процесс, тем эффективнее будет конечный результат его воздействия. Нельзя забывать, что время — одна из двух форм существования материи! Отмечу, кстати, что геологическое время (в геологическом масштабе) вполне допускает его периодизацию, т. е. выявление циклов разных порядков. Это позволяет говорить и о структуре времени¹⁰.

Важное и все возрастающее значение при генетическом исследовании осадочных пород получает системный подход, т. е. представление объекта исследования в виде некоей системы. Существует множество точек зрения на то, что включать в понятие «система». В настоящей статье используется следующее определение: система — это совокупность компонентов, находящихся в закономерных связях друг с другом и образующих структурную целостность, отчлененную от среды. Аналогичные определения даются и некоторыми другими исследователями¹¹.

Системный подход используется в науке давно, но на современном этапе научно-технического прогресса он получил новое, более осознанное и полное содержание. Однако следует помнить, что системный подход представляет собой методологическое направление современной науки и не заменяет собой исследования частных научных проблем. В известной мере системный подход является альтернативой происходящему сейчас дроблению и детализации направлений в науке. Вновь образовавшиеся ветви начинают претендовать на положение самостоятельных наук и стремятся к получению собственных наименований. Так, в рамках литологии появились «фацциология», «формациология», «литомология», «псефитология», «конкрециология» и многие другие. Системный подход и призван противопоставить такому неизбежному по мере развития наук дроблению целостное исследование природных объектов. Это отмечают и некоторые

¹⁰ См.: Куражковская Е. А., Гордеев Д. И. Соотношение системного и исторического подходов при изучении естественно-исторических систем.— В кн.: История и методология естественных наук. Вып. XIII. Геология. М., 1974.

¹¹ Там же.

другие исследователи: «„Исторический“ и „системный“ (структурно-функциональный) подходы (или методы изучения) природных и общественных систем, а равно систем знания, являются выражением синтетической тенденции развития науки, для которой характерен переход от исследования отдельных сторон изучаемого объекта... к выявлению общих закономерностей их организации и закономерностей их развития»¹².

Изучение структур и структурных связей является главным для системного исследования. В данном случае под структурой мы понимаем строение вещества. Структура в системе всегда закономерна, так как обусловлена генетически. При этом надо иметь в виду, что она может быть неупорядоченной, в том числе и в литологических объектах (например, разнородные «мусорные» породы, аморфные минералы и др.), слабо упорядоченной и вполне упорядоченной. Хороший пример упорядоченной структуры объекта — циклическое строение разрезов, что позволяет представить циклический анализ как один из аспектов системного подхода.

Следует подчеркнуть, что генетическое изучение осадочных пород неотделимо не только от системного подхода, но и от исторического. В частности, последний потребовал расширения интерпретации понятия «генезис» и включения в нее, кроме традиционного палеогеографического («официального») содержания, также и представления о стадиях формирования вещества: мобилизации вещества (выветривании и вулканизме), переносе, накоплении, диагенезе, катагенезе (эпигенезе). Использование исторического подхода способствует образованию новых разделов литологии. Так, исследование процессов на стадии транспортировки вещества формирует «физическую седиментологию», стоящую на границе между гидродинамикой и литологией. Важность геохронологического (стратиграфического) изучения объектов литологии определила возникновение особого раздела данной науки, стоящего на грани между литологией и стратиграфией, — литостратиграфии. Результаты таких исследований используются и для понимания истории развития системы как таковой, и для общего сопоставления разрезов и выявления истории развития изучаемых регионов. Кроме того, историко-геологический анализ системы есть неперемное условие для правильного истолкования места данной систе-

¹² Куражковская Е. А., Фурманов Г. Л. Философские проблемы геологии.— М., 1975, с. 53.

мы в окружающей среде. В целом, говоря о соотношении исторического и системного подходов, вполне можно согласиться с авторами, которые утверждают, что «системный и исторический подходы со всей совокупностью входящих в их структуру методов являются двумя наиболее общими способами изучения естественно-исторических систем, отражающих разные, хотя и взаимосвязанные друг с другом закономерности. В этом смысле оба подхода являются системными: они способны поэтому взаимно обогащать друг друга. Но вместе с тем в применении к изучению естественно-исторических систем они обнаруживают и свое неравенство. В общей теории таких систем ведущее положение занимает подход исторический»¹³.

При системном исследовании литологических процессов важно учитывать их тектоническую сторону, т. е. тот факт, что движения земной коры играют ведущую роль в образовании конкретных форм залегания крупных литологических тел, а также ряда черт их состава и структуры. Анализ этих связей, проведенный на исторической основе, способствует пониманию причин появления тех или иных особенностей как системы в целом, так и отдельных ее звеньев.

Генетическое изучение осадочных пород с позиций системного и исторического подходов требует использования математического аппарата, особенно математической статистики. Но для этого необходимо, во-первых, знание основ статистики геологами и литологами и, во-вторых, упрощение подачи математического материала для его понимания всеми или хотя бы большинством литологов и появления, таким образом, возможности проверки и критической оценки результатов другими исследователями. Кроме того, повышение качества генетического исследования предполагает применение новой техники. Это дает возможность правильнее понять генетические особенности вещества осадков и пород, а следовательно, и их место в системе. Но не следует забывать, что использование как новой, весьма совершенной техники, так и математического аппарата является лишь методом в системном анализе литологических объектов, а не самостоятельной целью исследования. Кроме того, необходима адекватность математической модели и ее кода природной системе, что осуществляется далеко не во всех случаях.

¹³ Куражковская Е. А., Гордеев Д. И. Соотношения системного и исторического подходов при изучении естественно-исторических систем, с. 31—32.

История сознательного применения системного подхода в литологии сравнительно молода. Тем не менее в ней имеются нежелательные, на наш взгляд, тенденции, затрудняющие движение по правильному пути. Сюда относятся, например, излишнее усложнение терминологии, «жонглирование» математическими понятиями там, где без этого вполне можно обойтись, попытки формализации объектов, которые, по существу, едва ли могут быть формализованы, чрезмерное упрощение сложных литологических систем при их кодировании и т. д. Отметим также, что системный подход требует, чтобы изучение полезных ископаемых в любом осадочном комплексе не отделялось от всей его целостности. При этом особое внимание должно уделяться истории формирования полезных компонентов пород и выявлению их положения в системе.

С генетическим изучением осадочных тел с позиций системного подхода тесно связано представление об уровнях организации вещества. Относительно этого понятия также существуют разные точки зрения, поэтому начнем с его определения. Уровень организации вещества в науке об осадочных породах — это ограниченная в пространстве совокупность минеральных компонентов, обладающая присущими ей признаками (состав, структура, текстура и др.), позволяющими рассматривать эту совокупность как единое целое, количественно и качественно отличное от соседних уровней организации. При этом каждый уровень организации является определенной системой.

В соответствии с приведенным определением в земной коре можно выделить, в зависимости от задач исследования, много уровней организации вещества, но мы кратко остановимся на тех, которые имеют самое прямое отношение к теме статьи. Это уровни генетического вида, генетического типа и формации.

Индивидуальная порода, слагающая определенный слой или входящая в состав слоя, генезис которой выяснен достаточно определенно, представляет собой генетический вид отложений. При этом генезис понимается так, как это было изложено в начале статьи. Генетический вид обычно входит в качестве составного члена в генетический тип, а в некоторых более редких случаях может почти целиком слагать и более крупные геологические тела, до формации включительно (например, формация пшечега мела). Определение генетическому типу было дано выше.

Понятие осадочных формаций является наиболее сложным, поэтому, вероятно, оно вызывает много дискуссий. На

наш взгляд, под осадочной формацией целесообразно понимать парагенезис генетических типов отложений, образовавшихся в общей палеогеографической обстановке и в условиях одного геотектонического режима. При этом нужно подчеркнуть, что парагенезис рассматривается отнюдь не как «сонахождение», а как генетически обусловленное сочетание. (Такое толкование предложил основоположник учения о парагенезисе А. Брейтгаупт уже более 100 лет назад.) Единство входящих в парагенезис генетических типов обеспечивается общностью геотектонического режима и палеогеографической обстановкой, в которой данная формация образовалась¹⁴.

Само по себе эмпирическое установление сонахождения и сосуществования тех или иных комплексов горных пород дает некоторые полезные сведения. Но если оставаться только на этом уровне познания, то мы не поймем в полной мере закономерностей распределения соответствующих компонентов в земной коре. Такая эмпирическая констатация является только первым шагом для установления общих зависимостей и связей. Вообще, понимание формаций зависит от степени генетической изученности отложений. На начальном этапе исследования приходится определять и выделять формации на основании парагенезиса пород, как это предложил Н. С. Шатский¹⁵. Затем, когда уже выявлены фациальные соотношения между членами данного парагенезиса и среди последних — генетические типы отложений, формация рассматривается как парагенезис генетических типов. В этом и заключается главный генетический смысл данного понятия. Но генетическое понимание формаций, принятое большинством геологов, является очень емким, чем и определяется то разнообразие подходов и определений формаций, которое характерно для современного этапа их изучения. Однако, несмотря на свою неоднозначность, понятие формации имеет большое практическое значение, что отмечалось, в частности, Н. С. Шатским¹⁶.

Сейчас имеется много конкретных работ, которые посвящены формационному анализу отложений, включающих различные виды полезных ископаемых: руд железа, цветных металлов, россыпей, солей, нефти, угля, горючих слан-

¹⁴ См.: Крашенинников Г. Ф. Методологическое значение понятия о геологических формациях.— В кн.: История и методология естественных наук. Вып. XIII. Геология. М., 1979.

¹⁵ См.: Шатский Н. С. Очерки тектоники Волго-Уральской нефтеносной области и южной части западного склона Южного Урала.

¹⁶ Там же.

цев и т. д. Причина такого широкого использования данного понятия заключается в том, что представление формаций в виде парагенезисов генетических типов предполагает наличие у каждого члена формации своего, генетически обусловленного места. Естественно, что такое место имеют и подчиненные формации полезные ископаемые. При этом парагенезисы рассматриваются по возможности широко, как обусловленные разнообразным комплексом факторов. В этой широте и разносторонности заключается основное методическое значение понятия формации, что делает данное понятие особенно ценным, когда речь идет о выявлении закономерностей распределения полезных ископаемых.

Более высоким уровнем организации формаций целесообразно считать их естественную совокупность, которую можно назвать «формационным комплексом». Основным признаком, объединяющим входящие в него формации, является общность структурного положения в земной коре. Таким образом, на данном уровне организации структура формационного комплекса определяется совокупностью признаков вещества. Вероятно, именно это имел в виду Г. П. Леонов, когда писал, что формационный уровень организации и более высокие уровни перестают быть в основном вещественными, а становятся преимущественно геонисторическими¹⁷. На наш взгляд, надформационный уровень остается не менее вещественным, чем все предыдущие уровни, но при его анализе необходимо учитывать еще и структурное положение.

Чем выше уровень организации, тем сложнее становится его познание. И это не только и даже не столько потому, что объем объекта исследования становится больше, а главным образом потому, что каждый более высокий уровень охватывает более обширный, а следовательно, и качественно более разнообразный и сложный круг природных генетических категорий. Поэтому он обнаруживает качественно новые стороны генезиса. Познавая его, мы идем от сосуществования к каузальности и от одной формы связи к другой, более глубокой, более общей. Но чем к более высокому уровню организации вещества мы обращаемся, тем труднее и даже опаснее становится анализ объектов без учета их естественных связей с другими объектами. В самом деле, когда мы рассматриваем отдельную породу, у нее, естественно,

¹⁷ См.: Леонов Г. П. Проблема цикличности в региональной стратиграфии.— В кн.: Основные теоретические вопросы цикличности седиментогенеза. М., 1977.

один генезис, в некоторых случаях довольно легко устанавливаемый. Так, если известняк имеет обильную и разнообразную мелководную фауну с толстостенными раковинами и с водорослями, мы устанавливаем, что это — часть литорального биогерма. Когда же мы исследуем генетический тип, то в нем обычно выделяем несколько пород, и изучение его становится значительно сложнее. Ситуация еще более усложняется при обращении к формациям и надформационным уровням. Поэтому именно здесь особенно важно стремиться к наиболее полному осуществлению диалектического подхода и выявлять процесс образования формаций (как, впрочем, и всех других геологических тел) в их движении, в развитии с позиций системного и исторического подходов.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА В ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

*И. А. ВЫЛЦАН, д-р геол.-мин. наук,
А. Ф. БЕЖЕНЦЕВ, канд. геол.-мин. наук*

В условиях современной научно-технической революции; охватившей все области знания и практической деятельности человека, неизмеримо возросло значение опережающего развития теоретических знаний, и прежде всего методологии исследования и преобразования окружающего материального мира. Применительно к геологии и литологии как одной из ее отраслей методология является важнейшим средством, способом подбора таких методов и приемов, которые позволяют нам более эффективно решать стоящие перед геологическими науками задачи.

У литологии, изучающей осадочные горные породы, их состав, условия образования и классификацию¹, существуют и развиваются тесные функциональные и генетические связи с другими направлениями геологической науки, выступающими одновременно и как методы, — стратиграфией, палеонтологией, палеогеографией, учением о фациях и осадочных полезных ископаемых, тектоникой и др. (рис. 1). Вполне очевидно, что большая широта и глубина обобщения литологических знаний могут быть достигнуты только в том случае, если литология будет опираться на комплекс фунда-

¹ См.: Геологический словарь, т. 1.— М., 1978, с. 396.

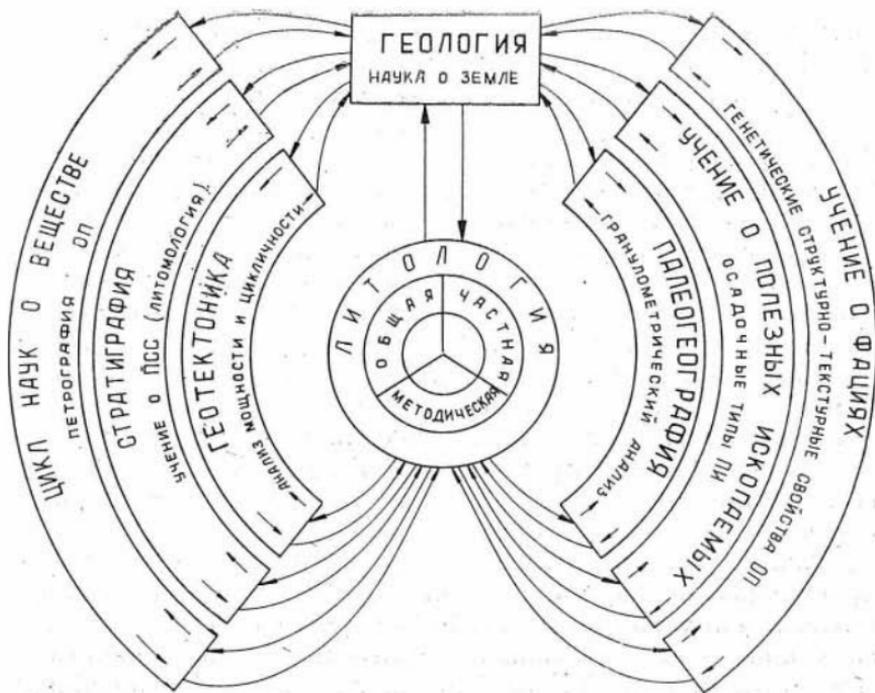


Рис. 1. Схема взаимоотношений основных геологических методов с методами литологии.

ментальных, основных геологических методов. С другой стороны, и сама литология через литологические методы изучения осадочных пород обогащает геологию, пополняет наши знания о закономерностях строения осадочного чехла земной коры. Здесь мы имеем практическое взаимодействие геологии и литологии; знание закономерностей состава и строения геологических тел используется для прогнозирования осадочных полезных ископаемых.

Новые тенденции развития методологии и геологических и литологических исследований особенно наглядно проявились, например, в геокартировании. В настоящее время широкое распространение получила групповая геологическая съемка. Ее цели и задачи сводятся к тому, чтобы меньшими силами и затратами получить наибольший экономический эффект. Реализовать это можно только при правильном выборе приемов и методов. Вместе с тем в литологических исследованиях получил развитие системный подход к анализу геологических стратифицированных разрезов, позволивший установить различные уровни структурной организации ве-

щества (СОВ): минеральный, породный, надпородный, формационный, субоболочечный, геосферный².

Выявление указанных уровней имеет важное значение для геологии и особенно для литологии, поскольку дало возможность определить ранги и порядки геологических тел, связанных в единый субординированный ряд. Стратифицированные разрезы, состоящие из большого множества слоев, благодаря ассоциативным связям могут быть сгруппированы в субординированные породно-слоевые сообщества, геологические тела, относящиеся к различным порядкам как в надпородном, так и в формационном уровне СОВ. В результате анализ разрезов, ранее осуществляемый через детальное, целостное описание всей их протяженности и мощности, стало возможным заменить модельным синтезом, изучая только ограниченные интервалы разрезов, соответствующих геологическим телам определенного порядка и ранга.

Важное значение в литологии имеет методологически правильный подбор общих и частных методов исследования геологических разрезов исходя из разделения литологических критериев (признаков) на главные, второстепенные и вспомогательные³. Данные признаки, являясь соподчиненными по значимости, образуют характерные комбинации в зависимости не только от задач расчленения или корреляции, но и от своей однозначности и применимости как для того, так и для другого и установления принадлежности каждого из них или их совокупности к определенному рангу или уровню СОВ.

Указанные критерии были практически использованы при изучении разрезов нижнего палеозоя юга Западного Саяна (см. таблицу). Применение литолого-стратиграфического метода для расчленения и корреляции развитых здесь мощных толщ не всегда позволяет достигнуть желаемого результата. Отсутствие надежных маркирующих горизонтов и палеонтологических остатков затрудняет решение задач по корреляции удаленных разрезов. Поэтому возникла необходимость экспериментальной проверки и использования других методов. Оказалось, что в данных условиях циклостратиграфический метод расчленения и корреляции монотонных толщ является наиболее приемлемым и объектив-

² См.: **Вылцан И. А., Беженцев А. Ф.** Системный подход в практике литолого-стратиграфических исследований.— В кн.: Системный подход в геологии (теоретические и прикладные аспекты). М., 1983.

³ См.: **Большая Советская Энциклопедия**, т. 13.— М., 1973, с. 450.

Схема соотношения критериев для расчленения и корреляции отложений терригенной зелено-фиолетовой формации ордовика Западного Саяна

Уровень СОВ	Признаки расчленения	Критерий од-нозначности
1	2	3
Породный	Литологические	+
	Гранулометрический состав *	—
	Текстура (слоистость)*	—
	Вещественный состав *	+
	Окатанность материала **	±
	Сортировка **	—
	Окраска *	+
	Включения (стяжения, конкреции, кристаллы)**	±
	Палеонтологические	—
	Ископаемые остатки организмов	—
	Геохимические	—
Данные спектроскопии	—	
Химический состав	+	
Надпородный	Циклические	+
	Выделение мезо- и макроциклитов *	+
	Границы мегациклитов *	+
	Мощность циклитов *	±
	Палеонтологические	±
	Ископаемые остатки **	±
	Литологические	+
	Слой-элементы циклитов *	+
	Вещественный состав **	+
	Окатанность	±
	Сортировка	±
	Окраска пород *	+
	Геохимические	±
	Распределение элементов	+
Корреляция рассеянных элементов	—	
Формационный	Тектонические	+
	Выявление этапа, стадии в развитии структуры *	+
	Характер тектонических движений	±
	Циклостратиграфические	±
	Базальные части мега- и суперциклитов (VI, VII, VIII порядки)*	—

1	2	3
	Характер контактов * Полнота циклических единиц II, III порядков	+ —
	Литолого-фациальные	+
	Вещественный состав *	±
	Преобладающая окраска *	+
	Геохимические, палеонтологические, палеогеографические	+

Примечание. Критерии однозначности: общие для расчленения и корреляции (+), переменные (±), неоднозначные (—); значимость признаков: * главные, ** второстепенные, остальные — вспомогательные.

ным⁴. Дело в том, что одной из особенностей строения таких отложений является их полициклический характер, т. е. в терригенных толщах кембро-ордовика и ордовика в изучаемом регионе наблюдается периодическая повторяемость циклически построенных ассоциаций слоев, состоящих главным образом из двух-трех элементов. Простейшие ассоциации по своему строению, составу, направленному изменению мощностей и другим признакам группируются в более сложные породно-слоевые сообщества (ПСС) II порядка (рис. 2). Аналогичным образом выделяются более крупные ПСС — III, IV, V, VI порядков (рис. 3, 4).

Полициклическое строение изучаемых отложений, как и других осадочных и осадочно-вулканогенных формаций, определяется различными частотой и амплитудой колебательных⁵, а также мелких пульсационных⁶ движений, развивающихся одновременно. Таким образом, наличие разнопорядковой циклическости в отложениях есть результат одновременного развития одновременных и совмещенных в пространстве разномасштабных колебательных движений, которые можно рассматривать как гармоническое колебание земной коры.

Различение нескольких порядков ПСС в самых разнообразных формациях стало использоваться прежде всего для

⁴ См.: Вылцан И. А., Беженцев А. Ф. Литологические особенности терригенной формации ордовика на водоразделе рек Ак-Суг и Мунгаш-Ак (Западный Саян).— В кн.: Геологические формации Сибири и их рудоносность. Томск, 1981.

⁵ См.: Хаин В. Е. Общая геотектоника.— М., 1973; Вассоевич Н. Б. Условия формирования флиша.— М.— Л., 1951.

⁶ См.: Рухин Л. Б. Основы литологии.— Л., 1961.

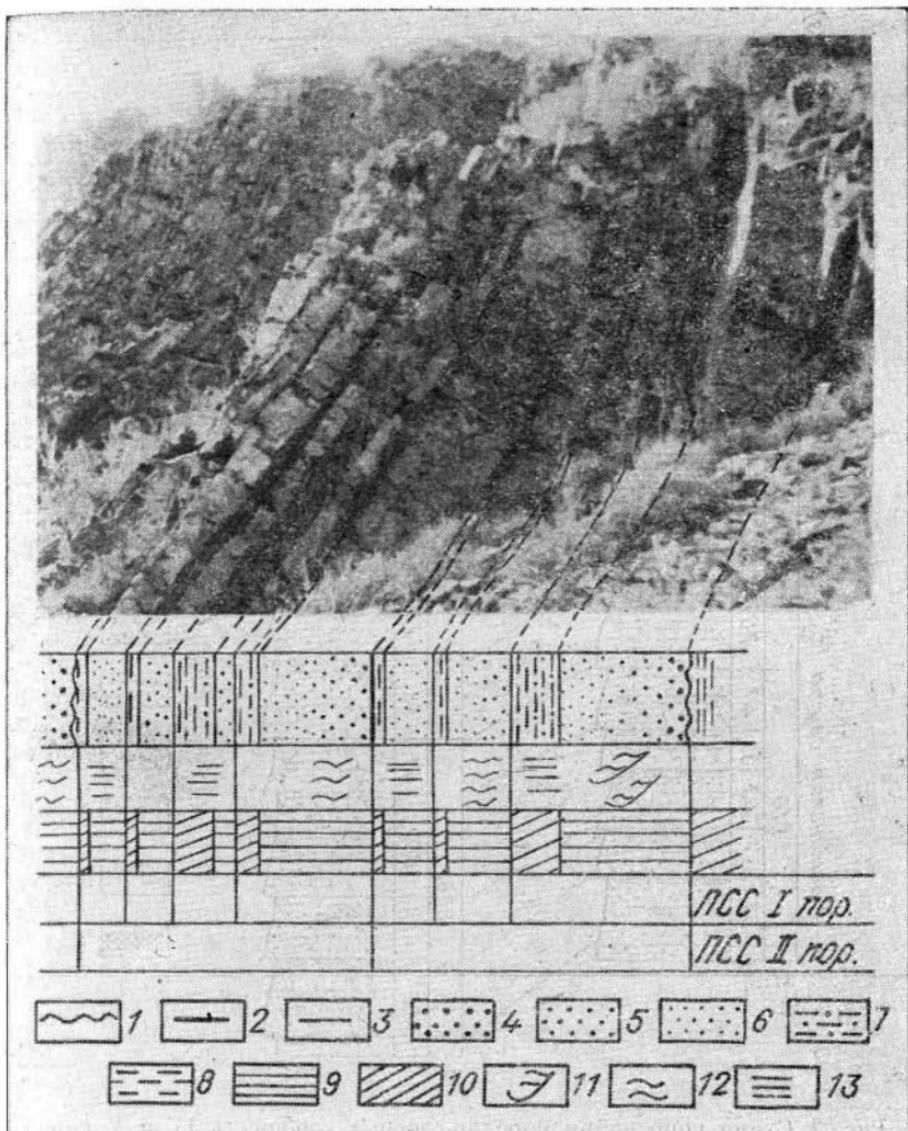


Рис. 2. Фрагмент разреза флишовых отложений из основания каратошской свиты верхнего ордовика в среднем течении р. Ак-Суг.

1—3 — характер контактов: 1 — резкий с элементами размыва, 2 — резкий, 3 — четкий; 4—6 — песчаники: 4 — крупнозернистые, в основном кремнисто-кварцевые, 5 — среднезернистые кварц-полевошпатовые, 6 — мелкозернистые кварц-полевошпатовые; 7—8 — сланцы: 7 — алевритовые, 8 — алеврито-глинистые; 9—10 — окраска пород: 9 — зеленовато-серая, 10 — серо-зеленая; 11—13 — текстуры пород: 11 — косослойчатая, 12 — волнисто-слойчатая, 13 — горизонтально-слойчатая.

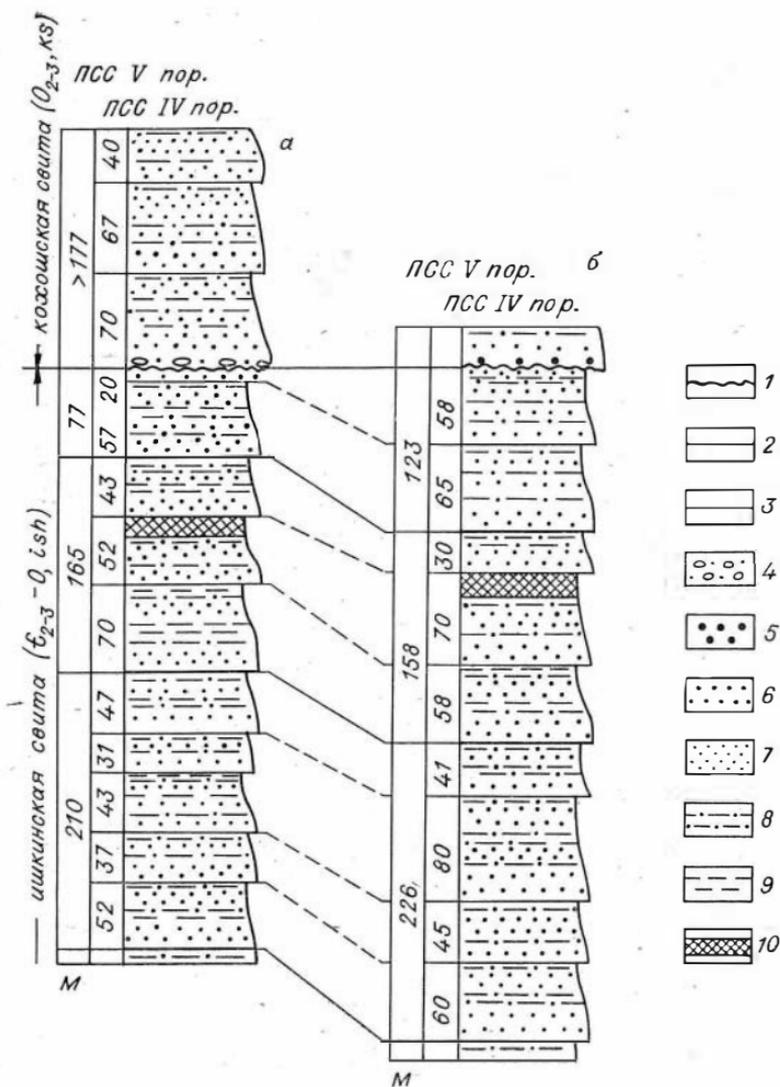


Рис. 3. Схема корреляции породно-слоевых сообществ IV и V порядков, содержащих маркирующий горизонт, из разрезов верхней части ишкинской, нижней части кохоской свит в бассейне верхнего течения р. Алаш (а — разрез по левобережью р. Кара-Холь; б — разрез по левобережью нижнего течения р. Тапсы).

1—3 — характер контактов: 1 — резкий с элементами углового несогласия, 2 — резкий с элементами скрытого стратиграфического несогласия, 3 — четкий; 4 — гравелито-песчаники кремнисто-кварцевые; 5—7 — песчаники: 5 — крупнозернистые полимиктовые, 6 — среднерзернистые кварц-полевошпатовые, 7 — мелкозернистые полевошпатовые; 8—9 — сланцы: 8 — алевритистые, 9 — алевритоглинистые; 10 — маркирующий горизонт фиолетовых гематитоглинистых сланцев.

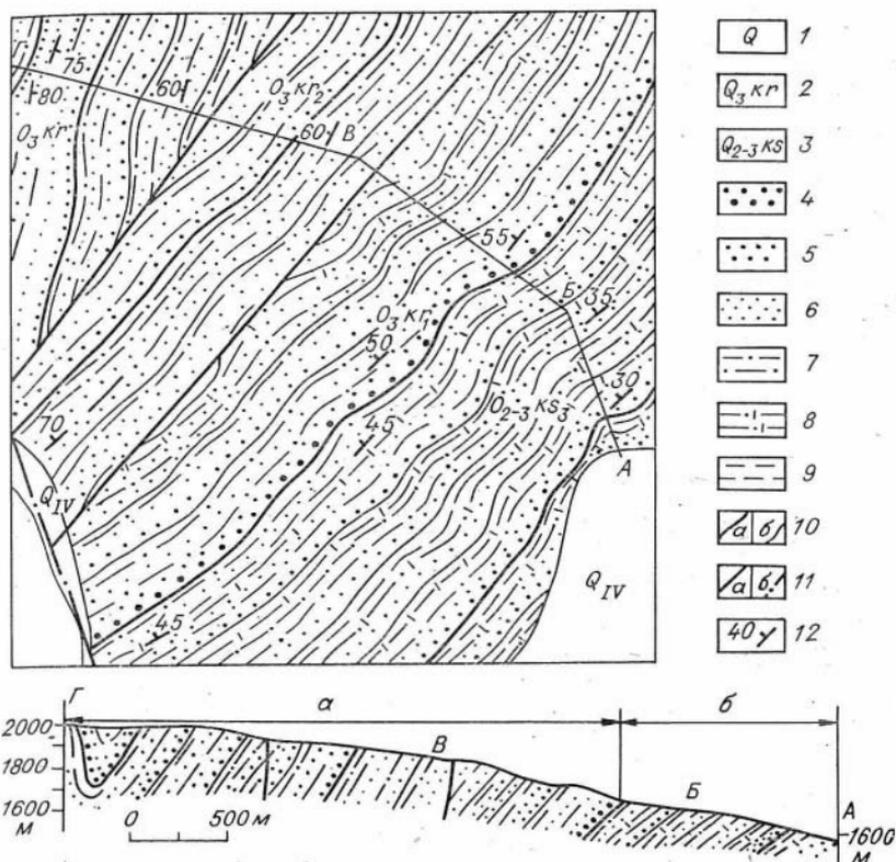


Рис. 4. Схематическая геологическая карта и геологический разрез по линии АГ (правобережье р. Кара-Холь, юго-западная часть Западного Саяна): а — каратощская свита, б — кохошская свита.

1 — современные аллювиальные галечники, валуны; 2 — верхний ордовик, каратощская свита: песчаники, алевролиты, сланцы; 3 — средне-верхний ордовик, кохошская свита: гематито-алевритоглинистые сланцы, алевролиты, песчаники; 4—6 — зелено-серые, серо-зеленые, иногда лилово-серые песчаники: 4 — крупнозернистые кварц-полевошпатовые, 5 — среднезернистые полимиктовые до граувакковых, 6 — мелкозернистые полимиктовые; 7—9 — сланцы: 7 — алевроитовые, 8 — лиловые гематито-алевритоглинистые, 9 — зеленые глинистые и метааргиллиты; 10 — геологические границы: 10а — для ПСС IV порядка, 10б — для ПСС V порядка; 11 — разрывные нарушения: 11а — достоверные, 11б — скрытые под четвертичными отложениями; 12 — элементы залегания слоистости.

объективного расчленения геологических разрезов на составные части и их корреляции. Система критериев расчленения и корреляции вообще и для терригенных отложений зелено-фиолетовой формации палеозоя Западного Саяна в частности изменяется в зависимости от различных уровней СОВ и де-

лится по значимости на главные, второстепенные и вспомогательные.

Выделение в разрезах фиксированных по размерности мезо-, макро- и мегациклических единиц (или соответственно ПСС IV, V и VI порядков) является одним из основных критериев расчленения толщ нижнего палеозоя юга Западного Саяна. Достоинством используемой методики является не только ее объективность, но и возможность операционального перехода от циклических единиц низшего порядка к единицам более высокого ранга, что позволяет выявить эти подразделения даже в условиях недостаточной обнаженности. Выделяемые ПСС V и VI порядков пригодны для целей крупномасштабного геологического картирования, так как мощности их колеблются в пределах соответственно 100—300 и 500—800 м. Кроме того, эти подразделения прослеживаются по площади (см. рис. 4). Нанесение в соответствии с требованиями⁷ охарактеризованных ПСС на геологические карты придает логичность и иерархическую однозначность подразделениям, соответствующим естественным природным объектам, помогает оконтуриванию пикативных структур, определению вертикальных амплитуд разрывных нарушений и т. д.

Важным критерием является анализ геологических границ, которые, несмотря на морфологическое варьирование, обычно резкие для упомянутых подразделений, а в основаниях ПСС VI порядка становятся очень резкими, нередко со следами размыва подстилающих пород. К основным критериям также относится гранулометрический состав пород, залегающих в основаниях изучаемых ПСС. Он представлен конгломератами и гравелитами в базальных частях ПСС VI порядка и гравелитами или песчаниками у макроциклитов (см. рис. 3, 4).

Большую роль при литологических исследованиях, связанных с расчленением разрезов на ПСС различных рангов, играет такой критерий, как их мощность, колеблющаяся для ПСС одного ранга в некоторых пределах. Однако в рассматриваемом регионе этот критерий является второстепенным, так как здесь мощности изменяются в зависимости от фациальных особенностей и характера тектонических движений, что приводит к выклиниванию и выпадению из разреза даже ПСС V и VI порядков при значительном удалении разрезов друг от друга и резких изменениях их положения в структурно-формационной зоне.

⁷ См.: Основные требования к содержанию и оформлению обязательных геологических карт масштаба 1 : 50 000 (1 : 25 000).— Л., 1977.

При расчленении разрезов обращалось внимание на макрослоистые текстуры. В основаниях ПСС V и VI порядков встречаются, как правило, массивные и мощные слои крупно- и среднезернистых песчаников, в то время как в кровле этих подразделений все породы, в том числе и песчаники, образуют маломощные слои. Массивные песчаные основания этих ПСС вследствие селективного выветривания создают куэстообразные формы рельефа, иногда хорошо прослеживаемые на местности, в том числе и на аэрофото-сплннках.

Вещественный состав пород, учитываемый в качестве макроскопического критерия для целей расчленения, является второстепенным, так же как степень метаморфизма пород. Для целей корреляции было использовано соотношение окраски пород, которая периодически изменяется в циклически построенных толщах.

Кроме перечисленных критериев, в качестве вспомогательных использовались такие, как степень сортированности материала, степень окатанности и т. п.

Таким образом, использование комплекса геологических методов в литологических исследованиях зависит прежде всего от целей и задач. При решении общенаучных проблем литологии очевидна необходимость использования комплекса методов исторической геологии, динамической геологии, геохимии, учения о полезных ископаемых и т. д. При решении специальных задач литологии, например выявления закономерности строения породно-слоевых сообществ для тел различных порядков и условий их образования, используются методы стратиграфии, палеогеографии, учения о фациях, петрографии осадочных пород, т. е. более ограниченный цикл методов. Все это говорит о необходимости дальнейшего совершенствования методологии не только литологии, но и наук о Земле в целом.

**КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СТРАТИГРАФИИ,
ПАЛЕОТЕКТОНИКИ И ФОРМАЦИОННОГО АНАЛИЗА
В ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ
ВЕРХНЕДОКЕМБРИЙСКИХ И НИЖНЕПАЛЕОЗОЙСКИХ ТОЛЩ
(на примере Тянь-Шаня)**

В. Г. КОРОЛЕВ, д-р геол.-мин. наук,

Р. А. МАКСУМОВА, канд. геол.-мин. наук

Большим достижением геологии явилось введение понятия уровней организации вещества, что позволило вести поиски наиболее правильных способов систематизации огромного фактического материала. В течение долгого време-

ной геология изучала вещество земной коры на минеральном уровне, затем на породном. Позже возникли дисциплины, изучающие вещество Земли и на более высоких уровнях организации. Одной из таких дисциплин стало учение о геологических формациях.

Формационный анализ оказался особенно эффективным для систематизации геологического материала в исследовании древних образований докембрия и нижнего палеозоя. Если изучение минералов давало нам информацию о характере питающих провинций, химизме древних бассейнов осадконакопления, а изучение пород — о динамике среды осадконакопления и степени вторичных преобразований, то изучение вещества на формационном уровне связало воедино многие аспекты геологического анализа: палеонтологический, стратиграфический, палеогеографический, тектонический и др. В совокупности они составили методическую основу историко-геологического анализа, являющегося сейчас самым надежным инструментом познания геологической истории Земли на ранних этапах ее развития. Результатом применения этого метода при изучении докембрия Тянь-Шаня явилось построение схемы стратиграфического расчленения докембрийских и нижнепалеозойских отложений по структурно-формационным зонам и их корреляции внутри региона и с отдаленными районами, создание схем палеотектонического районирования, решение вопроса об источниках рудных концентраций в формациях позднего докембрия и раннего палеозоя¹.

Для решения этих задач необходимо было выявить и изучить породные ассоциации, или формации-индикаторы тектонического режима: кварциты, аркозы, тиллиты и тиллоиды, коры выветривания, вулканогенные, молассовые и

¹ См.: **Королев В. Г., Джумалев Т., Киселев В. В. и др.** Особенности геологического развития и условия фосфатонакопления в Таласо-Каратауской зоне. — В кн.: Условия образования геосинклинальных фосфоритов. М., 1973; **Королев В. Г. и др.** Типовые разрезы докембрия Средней Азии и Центрального Казахстана. — В кн.: Стратиграфия архея и нижнего протерозоя СССР. Труды V сессии Научного совета по геологии докембрия. Л., 1979; **Максумова Р. А.** Байкальский орогенный комплекс Северного Тянь-Шаня и Южного Казахстана. — Фрунзе, 1980; **Киселев В. В., Королев В. Г.** Палеотектоника докембрия и нижнего палеозоя Тянь-Шаня. — Фрунзе, 1981; **Ахмеджанов М. А., Баратов Р. Б., Бакиров А. Б. и др.** Докембрий Средней Азии. — Л., 1982; **Королев В. Г., Киселев В. В., Максумова Р. А.** Основные черты палеозойской тектоники Северного и Среднего Тянь-Шаня в пределах Киргизской ССР. — В кн.: Тектоника Тянь-Шаня и Памира. М., 1983.

флишевые комплексы и т. д. Выявление площадных межзональных формаций, одновозрастность которых доказывалась биостратиграфическим или каким-либо другим методом, позволило выделить ряд региональных литолого-стратиграфических опорных уровней, послуживших основой для дальнейших построений. Создание же стратиграфических схем отложений, находящихся между этими уровнями, опиралось на представление о закономерности расположения горизонтальных и вертикальных рядов формаций различных типов структур. Существование последних подтверждается выявленными закономерностями их положения в более молодых и современных геологических областях аналогичной структурной позиции.

Совокупность названных методов составляет основу комплексного подхода к решению задач литологии. Примером удачного, на наш взгляд, применения комплексного подхода является история решения вопроса об источнике фосфора в фосфоритоносном бассейне Малого Каратау в Казахстане. По мере изучения фосфоритов Малого Каратау взгляды на причину их образования претерпели эволюцию от биогенной гипотезы через хемогенную до биохимической. В настоящее время фосфоритоносные отложения Малого Каратау хорошо изучены. Установлены минеральный и химический состав пород, их структурно-текстурные особенности, условия залегания и закономерности фациального размещения². Довольно убедительная палеогеографическая картина эпохи накопления тамдинской серии, включающей в нижней части своего разреза фосфоритовые слои, показана в работе Э. А. Еганова и Ю. К. Советова³. Результаты, полученные этими исследователями, опровергают прежние палеогеографические схемы, рисующие район Малого Каратау проливобразным палеобассейном, ограниченным с северо-востока и

² См.: Безруков П. Л. Геологическое строение фосфоритоносного бассейна Каратау и основные результаты геолого-поисковых работ.— В кн.: Фосфориты Кара-Тау. Алма-Ата, 1954; Гиммельфарб Б. М., Тушина А. М., Смирнов А. И., Маймистова Р. И. Геологическое строение и типы руд фосфоритного месторождения Джанитас.— В кн.: Геология месторождений фосфоритов. М., 1962; Соколов В. А., Машкара И. И. О микростроении и генезисе фосфоритов Кара-Тау.— Пробл. сов. геологии, 1938, № 7; Джумалиев Т. Д., Холодов В. Н. Кремнистые породы фосфоритоносной чулактауской свиты Малого Каратау и условия их образования.— Докл. АН СССР, 1970, т. 194, № 2.

³ См.: Еганов Э. А., Советов Ю. К. Каратау — модель региона фосфоритоаккумуляции.— Новосибирск, 1979.

юго-запада массивами суши⁴. Авторы отмечают соответствие построенной модели района фосфатонакопления Малого Каратау схеме размещения отложений на профиле континентальных окраин (шельф и склон)⁵. Такое соответствие подтверждается последними данными стратиграфии и формационного изучения нижнепалеозойских отложений Киргизско-Терской зоны, проведенного нами в последние годы.

Ранее был установлен вертикальный ряд формаций, включающий фосфоритоносную⁶. Наличие данного ряда свидетельствует о зависимости появления фосфоритов от смены регионального режима седиментации, которая наступила в результате трансгрессии раннепалеозойского моря на снивелированную сушу, сформировавшуюся на месте заочивших свое развитие байкальских геосинклиналей Тянь-Шаня в венде. Выглядел этот ряд следующим образом (снизу вверх): формация коры выветривания на малокаройских отложениях и тиллитах кудаша-венда — автохтонная красноцветная терригенно-карбонатная формация (кыршабактинская свита венда) — фосфоритоносная кремнисто-терригенно-карбонатная формация (чулактауская свита нижнего кембрия) — формация известняков (шабактинская свита нижнего кембрия — среднего ордовика). Были попытки создания и горизонтального ряда; однако, если возраст формаций, расположенных южнее по направлению к Таримской платформе, был достаточно палеонтологически обоснован, то к северу и северо-востоку возраст толщ определялся условно. Вместе с тем следует отметить, что раннекембрийский возраст андезитобазальтовой формации Северного Тянь-Шаня предполагался ранее⁷, и в связи с этим фосфорито-

⁴ См.: Анкипович С. Г. Нижний палеозой ванадиеносного бассейна Северного Тянь-Шаня и западной окраины Центрального Казахстана, ч. 1.— Алма-Ата, 1961; Атлас литолого-палеогеографических карт СССР.— М., 1968; Холодов В. Н. Осадочный рудогенез и металлогения ванадия.— М., 1973.

⁵ См.: Кошохов А. И. Зональность осадкообразования на материковых окраинах.— В кн.: I съезд советских океанологов. М., 1977; Мурдаз И. О., Богданов Ю. А., Серов В. В. Современные осадки зоны Перуанско-Чилийского апвеллинга.— В кн.: Геолого-геофизические исследования в юго-восточной части Тихого океана. М., 1976.

⁶ См.: Макеумова Р. А. Формационная характеристика, особенности осадкообразования и источники фосфора в верхнем докембрии — нижнем кембрии Малого Каратау.— В кн.: Проблемы осадочной геологии докембрия, вып. 4, кн. 1. М., 1975.

⁷ См.: Криволицкая В. Н., Королев В. Г. Кембрийская вулканогенно-осадочная толща в хребте Терской Алатау.— Изв. АН КиргССР, Сер. естеств. и техн. наук, 1960, т. II, вып. 6.

посная формация Малого Каратау трактовалась как отделенная кремнистая из ряда вулканогенно-кремнистых формаций⁸.

Находки нижнекембрийских водорослей внутри яшмы⁹ дали основание датировать возраст вулканогенной толщи. Изучение петрохимических особенностей последней позволило отнести ее к формации океанических толеитовых базальтов.

Андезитобазальтовая формация в хр. Караджорго залегает на меланократовом основании. Представлено оно серпентинитами, слагающими основание габбрового комплекса и составляющими протяженные зоны, трассирующие зоны разломов и просто неправильной формы тела среди габбро. Встречаются тела лиственитов. Габбро включают в большом количестве дайки диабазов и андезитов. В районе западной части Киргизского хребта, в хребтах Сонкультау и Кавактау фрагменты меланократового основания выведены по разломам на поверхность в тектонических блоках с ненарушенным разрезом или же в серпентинитовом меланже. На диаграмме в координатах Al, Fe, Mg (AFM) химический состав гипербазитов попадает в область, характерную для ультраосновных пород самых различных офиолитовых ассоциаций; состав габброидных пород — в среднюю часть поля, характерного для габбро, обнаруженных в современных океанах¹⁰.

Лавы андезитобазальтовой формации по своему составу относятся к нормальному известково-щелочному ряду и обеднены щелочами. Это свидетельствует о том, что данная формация является продуктом такого исходного магматического расплава, для которого фосфатоносность даже при ярко выраженном и довольно длительном процессе дифференциации считается маловероятной. Отсюда следует, что фосфатонакопление в Малом Каратау трудно связывать с вулканической деятельностью в Северном Тянь-Шане. Этот вывод, который сделали Н. Г. Бродская и М. Н. Ильин-

⁸ См.: Шатский Н. С. Фосфоритноносные формации и классификация фосфоритовых залежей.— В кн.: Сопещение по осадочным породам, вып. 2. М., 1965; Королев В. Г. Позднекембрийские и нижнепалеозойские формации Тянь-Шаня.— В кн.: Закономерности размещения полезных ископаемых, т. 3. М., 1960.

⁹ См.: Колосов П. Н., Максумова Р. А., Королев В. Г., Коновод А. В. Находка растительных микроорганизмов нижнего кембрия в каракатинской свите Северного Тянь-Шаня.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1983, № 3.

¹⁰ См.: Макарычев Г. И., Гесь М. Д. Тектоническая природа зоны сочленения Северного и Среднего Тянь-Шаня.— Геотектоника, 1981, № 4.

ская¹¹ после изучения эффузивов караарчинской свиты, не позволяет интерпретировать фосфоритопосную кремнисто-карбонатную формацию как отдаленную кремнистую из ряда вулканогенных.

Породы, слагающие вышележащие котуджанскую и караджоргинскую свиты среднего кембрия — среднего ордовика, после литологического изучения были отнесены к контуритам (осадкам глубоководных донных течений), флюксотурбидитам (отложениям, перемещенным с шельфа или кордильерных поднятий зерновыми потоками) и турбидитам (отложениям суспензионных потоков). Присутствие этих пород свидетельствует о существовании больших глубин морского бассейна на территории, непосредственно прилегающей с севера и северо-востока к Таласо-Каратауской зоне фосфатонакопления. В Малом Каратау отложения нижнего кембрия — среднего ордовика, как установлено многими исследователями, свидетельствуют об условиях мелководного шельфа. На границе этих двух типов структур возникла зона апвеллинга. Таким образом, предположение Э. А. Еганова и Ю. К. Советова¹² о появлении кремнистых и фосфатных отложений в Малом Каратау как в возможной зоне апвеллинга, где кремнезем и фосфор заимствовались из океанического фонда, приобретает реальную основу.

В ходе дальнейшего развития зоны фосфатонакопления в Малом Каратау произошло накопление глинистых черных известняков нижней части шебактинской свиты. По северной окраине фосфоритового бассейна развиты в большом количестве горизонты плоскообломочных карбонатных брекчий. Наличие этих пород свидетельствует об углублении шельфа и формировании здесь континентального склона. Именно сползание карбонатных пластов по склону послужило причиной образования плоскообломочных карбонатных брекчий. Подножие континентального склона, или его нижняя часть, располагалось севернее в Киргизско-Терскайской зоне, где среди глубоководных отложений котуджанской и караджоргинской свит, одновозрастных с шабактинской, присутствуют горизонты обвалных карбонатных конгломератов, брекчий и глыб. Размещены они внутри горизонтов флюксотурбидитов в виде огромных глыб массивных, слоис-

¹¹ См.: Бродская Н. Г., Ильинская М. Н. Фосфатонакопление в вулканических областях. — В кн.: Осадкообразование и полезные ископаемые вулканических областей прошлого. Т. 2. Полезные ископаемые. М., 1968.

¹² См.: Еганов Э. А., Советов Ю. К. Каратау — модель региона фосфоритонакопления.

тых или обломочных известняков, размером достигающих 300—400 м в поперечнике. Иногда эти породы встречаются здесь в виде окатанных обломков или же глыб и целых пластов плоскообломочных известняковых брекчий среди дикого флиша — выносов суспензионных потоков. В последнем случае наряду с известняковыми глыбами и гальками в конгломератах имеется и местный материал (эффузивы, сланцы, гранодиориты, габбро и др.). Появление такого материала свидетельствует о начавшейся дифференциации дна морского бассейна на прогибы и местные поднятия.

Фауна, собранная в карбонатных глыбах и гальках, характеризует их возраст от среднего кембрия до нижнего ордовика. Глыбы этих известняков ранее считались рифовыми образованиями¹³, затем — слоисто-stromовыми¹⁴. Последняя точка зрения на генетическую природу этих образований, по-видимому, ближе к истине, с тем лишь уточнением, что ведущим фактором их формирования было гравитационное сползание карбонатных пластов по склону, а не появление обломочно-обвальных пород во фронте надвига. К тому же накопление их происходило еще до стадии флишеобразования в каледонских прогибах Северного Тянь-Шаня. Горизонтальные сжатия более характерны для конца периода формирования флиша или даже периода накопления моласс.

Изложенный материал наглядно иллюстрирует тесную взаимосвязь таких самостоятельных разделов геологии, как литология, палеогеография, стратиграфия, палеотектоника и другие, осуществляемую по принципу прямой и обратной связи. Так, на первом этапе изучения Каратауского фосфоритоносного бассейна основным методом был литологический. На его основе были сделаны первые предварительные выводы об условиях осадконакопления. В дальнейшем многие вопросы, которые невозможно было решить традиционными методами литологических исследований, были выяснены путем комплексного подхода с использованием методов стратиграфического, палеотектонического и формационного анализов. Исследования на этом этапе позволили более глубоко и достоверно осветить целый ряд задач, относящихся к области литологии, таких, например, как источники рудного вещества.

¹³ См.: Геология СССР. Т. XXV. Киргизская ССР. Геологическое описание, кн. I.— М., 1972.

¹⁴ См.: Гесь М. Д. Нижнепалеозойские олистостромы в Присонкуле (Северный Тянь-Шань).— Докл. АН СССР, 1980, т. 252, № 4.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОРИЕНТАЦИИ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

А. А. ТРОФИМУК, акад. АН СССР,

Ю. Н. КАРОГОДИН, д-р геол.-мин. наук,

Г. В. ВЕДЕРНИКОВ, канд. геол.-мин. наук,

Э. М. ГОЛОВАЧЕВ, канд. геол.-мин. наук,

Е. А. ГАЛАГАН, канд. геол.-мин. наук,

Д. В. ТАЛЪВИРСКИЙ, канд. геол.-мин. наук

В последние два десятилетия благодаря непрерывному совершенствованию системы получения, обработки и интерпретации сейсморазведочных данных появились принципиально новые возможности расшифровки картины волнового поля. Все достовернее становятся выводы о литологическом и формационном составе геологического разреза, характере слоевых ассоциаций осадочных комплексов, типе флюидов (нефть, газ, вода и их различные сочетания), заполняющих поровое пространство породных тел, и т. д. Все это породило новое направление в сейсморазведке, названное за рубежом «сейсмостратиграфия»¹.

Теоретическую основу этого направления составляет постулирование единства региональных и глобальных колебаний (циклов) уровня Мирового океана, приводящих к формированию и обособлению так называемых «осадочных (седиментационных) комплексов». Именно эти осадочные комплексы, разработка методики их выделения и обоснование в волновом поле разреза — центральная, узловая проблема сейсмостратиграфии. Таким образом, давняя концепция седиментационной цикличности, которой уже более 150 лет², с развитием науки и техники получает новую жизнь, приобретая важнейшее теоретическое и прикладное значение³.

На пути развития данного направления возникают определенные методологические трудности, связанные с правомерностью процедур переориентации геологических знаний, переосмысления и переопределения (перевода) геологических понятий в понятия сейсмические (физические) и наоборот.

¹ См.: *Сейсмическая стратиграфия*/Под ред. Ч. Пейтона, в 2-х ч. Пер. с англ.— М., 1982; *Применение сейсмической стратиграфии в разведке на нефть и газ.*— М., 1983.

² См.: *Эйхфельд И. И.* Орографический взгляд на Валахию, Молдавию и Бессарабию.— *Горный журнал*, 1927, кн. V, с. 21—74; кн. VI, с. 21—40.

³ *Карогодин Ю. Н.* Седиментационная цикличность.— М., 1980, с. 342.

рот. При трансляции идей из одной предметной области в другую нередко возникают ситуации, резко ограничивающие трансформацию тех или иных образов. При этом могут возникать так называемые «языковые (семантические) ловушки», если при «переносе» термина стремиться к установлению безусловной равнозначности и соответствия понятий внутренней сущности явлений, процессов и т. д.

В регистрируемом волновом поле отражаются особенности геологического разреза, но в исследуемой сейсмической картине представлено не само вещественное тело (слой, литологическая пачка, слоевая ассоциация), а его отображение (образ). В нем какая-то часть, большая или меньшая, реального геологического объекта оказывается отображенной в волновой картине поля, структура которого не изоморфна структуре самого геологического объекта. Поведение, сущность «образа» («заместителя») можно выявить и «перевести» в поведение и сущность реального геологического объекта посредством интерпретации, а это значит, что в зависимости от разрешающей способности метода, а также от личных симпатий и исторически сложившихся предпочтений возможно возникновение многозначности толкований. И оказывается, что для установления даже нестрогих соответствий необходимо привлекать знания и опыт специалистов смежных дисциплин.

В настоящей статье мы ограничились постановкой и обсуждением лишь некоторых, тесно связанных между собой аспектов сейсмостратиграфии, таких как объект и предмет исследования, главные понятия и термины, что составляет понятийно-терминологическую базу данного направления. Другой друг вопросов — это проблемы интеграции и координации исследований.

Как известно, новое направление исследований, новая наука возникают тогда, когда открывается новый метод или новый предмет, а тем более объект исследования. В последние 10—15 лет, в результате внедрения достижений научно-технического прогресса, возросли технические возможности получения высококачественного сейсмического материала и принципиально изменились методы его обработки и интерпретации, расширился круг задач, решаемых сейсморазведкой.

Это развитие метода совпало с периодом осмысления и выделения, а следовательно, и открытия в качестве нового самостоятельного объекта геологии породно-слоевых ассоциаций (литмитов, циклитов). Открытие нового объекта неизбежно ведет к рождению новой науки, изучающей его.

Она получила название «литмология»⁴, или «литомология»⁵. Таким образом, объектом сейсморазведки являются слоевые ассоциации (циклиты, литмиты) осадочной оболочки Земли (литмосферы). Сейсморазведка (со всеми ее вариантами и разновидностями) — это наука-метод литмологии.

При изучении геологических тел выделяют четыре главных аспекта (предмета) исследования: вещественный, структурный, динамический и генетический. Соответственно выделяется и четыре основных предмета геологических тел.

Сейсморазведка позволяет «видеть» в разрезе границы «слоев» и слоевых ассоциаций. На основании изучения характера границ и волнового поля можно судить прежде всего о внешней и внутренней структуре слоевых ассоциаций (циклитов). Структура породно-слоевых ассоциаций — основной предмет исследования сейсморазведки. Однако современные возможности метода⁶ (а тем более прогнозируемые⁷), как известно, не ограничиваются исследованием структуры слоевых ассоциаций. Сейсморазведка уже сейчас с успехом решает такие задачи, как определение и прогноз литологического состава⁸ и формационного строения разреза осадочного чехла⁹, фаціальная интерпретация («сейсмофа-

⁴ См.: Карогодин Ю. Н. Седиментационная цикличность; Он же. Понятийно-терминологическая база седиментационной цикличности.— Новосибирск, 1978, с. 43.

⁵ Вассоевич Н. Б., Меннер В. В. Системные уровни организации сообществ осадочных пород.— Изв. АН СССР, 1978, № 11.

⁶ См.: Кунин Н. Я. Современное состояние сейсмостратиграфии и задача сейсмостратиграфических исследований в нефтегазоносных бассейнах СССР.— М., 1982, с. 23. (Препринт ИФЗ АН СССР, № 3).

⁷ См.: Купалов-Ярополк И. К., Никитенко К. И. Прогноз развития геофизических исследований на нефть и газ до 2000 года (по экспертным оценкам).— Прикладная геофизика, вып. 81, 1976, с. 190—205.

⁸ См.: Авербух А. Г. Изучение состава и свойств горных пород при сейсморазведке.— М., 1982, с. 227; Гогоненков Г. Н. Прогнозирование геологического разреза по сейсмическим данным.— Геология нефти и газа; 1981, № 1-2, с. 48—55; Гогоненко Г. Н., Захаров Е. Т., Эльманович С. С. Прогноз детального скоростного разреза по сейсмическим данным.— В кн.: Прикладная геофизика, вып. 97. М., 1980, с. 58—72; Решение литологических задач сейсмическими методами/ Галаган Е. А., Епинадзева А. М., Стариченко Н. Д., Патрикеева В. К.— М., 1979.

⁹ См.: Хатьянов Ф. И. Геофизические методы в формационном анализе нефтегазоносных толщ.— В кн.: Формационный анализ в нефтяной геологии. М., 1981, с. 113—138; Он же. Слоисто-зональная модель среды как основа геологического истолкования геофизических данных при поисках локальных платформенных структур различного типа.— Докл. АН СССР, 1969, т. 183, с. 611—614.

ции»)¹⁰, выявление форм различных геологических тел и палеорельефа¹¹; прогноз типа флюидов (нефть, газ, вода) в ловушках, а следовательно, и прямые геофизические поиски углеводородов.

Конечную цель данных исследований можно определить как изучение строения и формирования седиментационных бассейнов, выявление закономерностей размещения, прогноз и поиски скоплений полезных ископаемых (нефти, газа, угля, горючих сланцев, солей и др.). Естественно, перечисленные задачи и проблемы решаются методами и других геологических наук. Именно этот комплекс задач решает сейсмостратиграфия. Ясно поэтому, что название направления исследования не соответствует его содержанию. Судя по термину, можно предположить, что акцент делается на стратиграфии, т. е. на расчленении и корреляции осадочных толщ (по данным сейсморазведки) с целью выявления их пространственных взаимоотношений. Однако это лишь одна (и, вероятно, не самая важная) задача. Следовательно, термин не является ориентирующим, т. е. не отвечает одному из важных требований теории терминов и понятий; а значит, нужен другой термин. Прерогативой сейсмостратиграфии целесообразно считать расчленение и корреляцию разрезов осадочных толщ по сейсморазведочным данным. Именно в таком смысле термин будет ориентирующим и хорошо «впишется» в систему «стратиграфий»: биостратиграфия, экостратиграфия, климатостратиграфия, магнитостратиграфия и др.

Проблемы «множественной» или «единой» стратиграфии не существует. Сколько методов, столько и «графий» (стратиграфий), а «логия» (стратигия) одна¹². Современная сейсморазведка — очень продуктивный метод решения задач стратиграфии. Одно из его неопределимых преимуществ перед другими методами — непрерывность пространственного наблюдения границ и тел осадочной оболочки Земли. Сейсмостратиграфию в таком понимании следует рассматривать в

¹⁰ См.: Тальвирекпий Д. Б. Разработка методики прогнозирования фациальных изменений в тонкослоистых средах по данным сейсморазведки МОГТ при поисках структурно-литологических ловушек в Западной Сибири. — В кн.: Методика выявления и подготовки объектов для поиска залежей углеводородов в платформенных районах СССР. М., 1982, с. 84—97. (Тр. ВНИГНИ, вып. 237).

¹¹ См.: Хатянов Ф. И. Структурно-формационная интерпретация данных сейсморазведки. — Обзоры информ. Сер. Нефтегазовая геология и геофизика, 1982, с. 43.

¹² См.: Трофимук А. А., Карогодин Ю. И. Проблемные и методологические вопросы стратиграфии нефтегазовых бассейнов. — Геоология и геофизика, 1982, № 6, с. 3—12.

качестве одного из возможных частных направлений сейсмоформационного анализа, который, в свою очередь, подчеркивая специфичность метода, должен входить в единый комплекс наук о породно-слоевых образованиях — в литмологию¹³. Действительно, в учении о геологических формациях давно существуют два равноправных направления: тектоно-стратиграфическое, выявляющее возрастные взаимоотношения ассоциаций горных пород, слагающих формацию, и генетическое, или парагенетическое, ориентированное на проблемы происхождения геологических формаций вообще и их составляющих элементов в частности. Те же самые аспекты изучения важны и для сеймостратиграфии.

Сейсмолитмология — это литмология по сейморазведочным данным. Все вопросы литмологии, которые можно решать на основе современной обработки данных, полученных сейморазведкой (выделение литмитов и циклитов, их классификация, выяснение их иерархии, пространственно-временных соотношений, эволюции, закономерностей размещения в них полезных ископаемых и т. д.), являются предметами исследования сейсмолитмологии.

У литмологии и сейсмолитмологии и объект, и предметы исследования общие. Сейсмолитмология — это наука-метод, литмология — интегрирующая наука геологии. У литмологии имеются прямые, непосредственные методы исследования вещества и структуры геологических тел, а у сейсмолитмологии — только косвенные (посредством определения физических свойств и параметров). Если под методом понимать способ получения (извлечения) информации, знаний об объекте и (или) предмете, то у сейсмолитмологии их множество: методы анализа скоростей, интерпретации амплитуд разрезов, фаз частот, поляризационных характеристик и т. п.

Непосредственным объектом исследования литмологии, как отмечалось выше, являются породно-слоевые ассоциации «седиментационные комплексы» (осадочные комплексы). Любой из этих терминов сам по себе вполне приемлем, но все они обладают одним существенным недостатком, который становится препятствием для формирования понятийно-терминологической базы: они не отвечают требованию краткости. При их преобразованиях, отражающих ранг, масштаб, время, генезис и т. д., возникает очень громоздкая система терминов. В качестве общего термина-синонима слоевой ассоциации осадочного комплекса ранее был предложен тер-

¹³ См.: Хатьянов Ф. И. Структурно-формационная интерпретация...

мий «литмит»¹⁴, или «литома»¹⁵. В сейсмолитмологии аналог осадочного комплекса (сейсмокомплекса) можно было бы в таком случае заменить термином «сейсмолитмит». Сейсмолитмиты — это любые породные ассоциации, выделенные по сейсморазведочным данным.

Однако для решения большинства теоретических и многих прикладных задач необходимо выделять в разрезе не просто слоевые ассоциации, а целостные системы слоев, связанных во времени. Именно они, по определению, отвечают седиментационным циклам и являются их представителями (выразителями) в литосфере. Такие тела-системы названы «циклитами»¹⁶.

Циклиты, выделенные методами сейсморазведки, правильно называть «сейсмоциклитами» (СЦ). Вычленение породно-слоевых ассоциаций как целостных во времени систем предполагает наличие и их антипода — нецелостных, суммативных систем (и не систем). Слоевые ассоциации, литмиты этого типа были названы номинальными телами, «номиналитами»¹⁷. Выделенные на основании данных сейсморазведки, они могут быть названы «сейсмониналитами».

Разделение ПА на эти две категории — очень важный методологический момент. В зарубежной литературе по сеймостратиграфии он упущен. Осадочные комплексы, сейсмокомплексы, не подразделяются на эти две категории. Интуитивно ясно, что сеймостратиграфия преследует в качестве главной цели выделение циклитов. В то же время из конкретных примеров видно, что среди сейсмических комплексов есть как циклиты, так и номиналиты. До последнего времени эти понятия не различались и в геологии, что породило множество неразрешимых, тупиковых задач.

Приняв рассмотренные выше понятия и термины в качестве исходных, можно считать, что у сейсмолитмологии (СЛЛ) есть уже определенная теоретическая и методологическая база в «лице» литмологии и ее раздела «стереолитмологии», методологической основой которой является системно-структурный анализ породно-слоевых ассоциаций. Признание структурного аспекта в качестве самостоятельного в исследовании ПА или в коей мере не означает отрицание или приращение роли других аспектов (вещественного, динами-

¹⁴ См.: Карогодин Ю. П. Понятийно-терминологическая база...

¹⁵ См.: Вассоевич И. Б., Мешнер В. В. Системные уровни организации.

¹⁶ См.: Карогодин Ю. П. Седиментационная цикличность; Он же. Понятийно-терминологическая база...

¹⁷ Карогодин Ю. П. Седиментационная цикличность.

ческого, генетического). Он не подменяет и тем более не отрицает их. Согласно методологическому принципу последовательности исследовательских операций, структурные исследования лишь предшествуют другим — динамическим, вещественным, генетическим. Выявление генезиса геологических объектов (в том числе породных ассоциаций, циклитов) — конечная, а не начальная цель исследований. Однако эта цель не всегда достижима, и с этим приходится считаться. Есть немало природных, в том числе и геологических, объектов, генезис которых по вполне объективным причинам (уровень развития техники, науки и т. д.) не может быть расшифрован в настоящее время.

Приняв за основу системную методологию (системно-структурную, в частности), можно воспользоваться тем теоретическим багажом, который имеется в общей теории систем и непосредственно в литологии. Основные принципы системной методологии таковы: принципы целостности и изоморфизма, иерархии (субординации), элементарности, структурности и т. д. Эти принципы выявлены в результате конкретизации общенаучных принципов — идеализации, абстрагирования и формализации, а также некоторых других¹⁸. Особенно важен принцип целостности. Разработка способов выявления целостных систем и исследование их дают наиболее ценную в научном и практическом отношениях информацию. Системообразующим свойством породно-слоевых ассоциаций как целостных систем является связь элементов (слоев) во времени. Разработка методов выделения сейсмоциклитов и есть реализация принципа целостности. При этом к числу задач сейсмолитологии необходимо отнести разработку методов выделения ПА по другим принципам и с другими целями (пропущаемых и непроницаемых тел, насыщенных нефтью, газом, водой и т. д.).

Важной методологической операцией являются перенос и «приспособление» принципов выделения циклита в разрезах естественных обнажений¹⁹ и по комплексу промыслово-геофизических данных скважин²⁰ на сейсмические разрезы. Напомним эти принципы: принципы направленности, изме-

¹⁸ См.: Карогодин Ю. Н. Принципы системной методологии в системно-структурных исследованиях породно-слоевых ассоциаций. — В кн.: Системные исследования в геологии (тез. докл.). М., 1983, с. 68—69.

¹⁹ См.: Карогодин Ю. Н. Седиментационная цикличность.

²⁰ См.: Гайдебурова Е. А., Карогодин Ю. Н. Методика выделения циклитов с использованием промыслово-геофизических данных. — В кн.: Проблемные вопросы литостратиграфии. Новосибирск, 1980, с. 31—49.

нения существенного свойства (свойств) слоя от одного к другому (в вертикальном разрезе) и принципы разделения слоев²¹.

В сейсмолитологии принято считать главным следующее правило границ. Это правило есть следствие применения еще одного методологического принципа литологии — принципа выявления квантовости седиментации. От кванта к кванту и на их границах меняются физические свойства, что и находит отражение в волновой картине сейсмического поля. Среди квантов седиментации необходимо различать кванты-элементы и кванты-системы, т. е. соответственно слои и слоевые ассоциации. Следует также различать породный слой и «сеймослой». Второй является элементом-подсистемой и при этом в коем случае не должен рассматриваться как породный слой.

Сейсморазведка позволяет получить наиболее полную информацию о границах породно-слоевых тел, об их форме, внутренней структуре и взаимоотношениях с другими телами, сделать выводы об их фациальной природе и т. д. Именно системно-структурный аспект исследования наиболее конструктивен в сейсмогеологических исследованиях вообще и в сейсмолитологии в частности. Поэтому в первую очередь необходимо переосмыслить и дополнить (с учетом особенностей и возможностей метода) основные принципы системно-структурного анализа породно-слоевых ассоциаций и вытекающие из них следствия²².

Следование принципу субординации означает признание иерархической организации целостных слоевых систем. Поиск законов иерархической композиции слоевых ассоциаций литосферы — основная цель литологии. Сейсмолитологии, судя по всему, суждено играть роль первой скрипки в достижении этой цели.

В понятии «система» уже заложено признание субординации: элементы — части — целое и т. д. Породно-слоевые ассоциации — это системы надпородного уровня организации²³. Наличие двух предыдущих уровней организации —

²¹ См.: Карогодин Ю. П. Седиментационная цикличность.

²² Карогодин Ю. П., Четвериков Л. П. Методологические вопросы системно-структурного анализа породно-слоевых ассоциаций нефтегазоносных бассейнов.— В кн.: Теоретические и методологические вопросы геологии нефти и газа. Новосибирск, 1981, с. 90—100.

²³ Трофимук А. А., Карогодин Ю. П. Место слоевых ассоциаций среди тел геологического уровня организации материи и принципы их выделения.— В кн.: Теоретические и методические вопросы седиментационной цикличности. Новосибирск, 1977, с. 3—48.

породного и минерального — признается подавляющим большинством геологов. В качестве надпородного уровня организации многими выделяются формации²⁴, однако такое выделение не корректно²⁵. В практике формационных исследований никто не считает формацией единичный флишевый, или молассовый (равно как и другие), многослой, т. е. элементарную слоевую ассоциацию, циклит.

Формация (как и свита, серия и т. д.) в современном ее понимании — это номинативные (концептуальные) объекты исследования. Сколько признаков (авторов, методов, целей и т. д.), столько формаций и их границ. Поэтому трудно не согласиться с тем, что «формационный анализ осадочных толщ не имеет самостоятельной теоретической базы, отличной от концепции циклического седиментогенеза, а потому и не должен рассматриваться в отрыве от этой концепции»²⁶. Сказанное в полной мере относится и к сейсмоформационному анализу.

Номинальные, концептуальные объекты исследования, к которым относятся формации и сейсмоформации, имеют определенное значение для решения целого ряда прикладных задач геологии. Поэтому направления, связанные с их исследованиями, имеют право на определенную самостоятельность (в рамках более общей концепции науки).

Использование методов, основанных на системно-структурной методологии, позволяет уже в настоящее время с той или иной степенью достоверности представить модель иерархической организации литосферы. Эта иерархическая система состоит из слоевых ассоциаций — от элементарных (из двух или более слоев) до сложных комплексов, сформировавшихся в течение десятков и сотен миллионов лет. В этой иерархической организации достаточно явны семь уровней, но главными можно считать четыре-пять, а при сейсмогеологических исследованиях (с учетом разрешающей возможности метода), видимо, всего три-четыре.

²⁴ См., например: Круть И. В. Исследование основной теоретической геологии. — М., 1973, с. 205; Он же. Введение в общую теорию Земли. — М., 1978, с. 367; Вотах О. А. Структурные элементы Земли. — Новосибирск, 1976; Соловьев В. А. Тектоника континентов. (Систематизация понятий и упорядочение терминологии). — Хабаровск, 1975.

²⁵ Обоснование этой точки зрения см.: Кародин Ю. П. Понятийно-терминологическая база...; Вассоевич И. Б., Менпер В. В. Системные уровни организации...

²⁶ Романовский С. И. О путях построения единой теории седиментационной цикличности. — В кн.: Теоретические исследования по терминологии седиментационной цикличности. Новосибирск, 1978, с. 120—137.

Предварительный анализ данных сейсморазведки, и в частности «сейсмостратиграфии», свидетельствует о том, что в разрезах бассейнов типично платформенного режима седиментации (Западно-Сибирский, Лено-Тунгусский и др.) наиболее четко выделяются сейсмоциклиты, являющиеся аналогами региональных циклитов (регоциклитов). Мощность их различна, а стратиграфический объем примерно $1\frac{1}{2}$ —2 яруса ($8-10 \pm 2$ млн. лет). Видимо, регосейсмоциклиты являются важнейшими в теоретическом и особенно в практическом отношении системами. В их составе нередко достаточно отчетливо выделяются подсистемы — субрегоциклиты²⁷. Регоциклиты, по всей вероятности, можно объединять по девять в группе. Циклит этого ранга назван пексоциклитом (от греч. «нексос» — союз). Соответственно выделенный по данным сейсморазведки, он будет именоваться пексосейсмоциклитом. Длительность его формирования примерно 80—100 млн. лет.

Вот те три основных ранга циклитов, которые практически выделяются в разрезах платформенных областей. Рего- (и субрего-) сейсмоциклиты состоят из «сеймослоев». Это, по существу, «элементарные» циклиты, которые может выделить современная сейсморазведка. Хотя на самом деле это нечто промежуточное между элециклитами и региональными (или субрегиональными) циклитами. Именно их следует считать элементами при системно-структурном анализе.

Многоуровневое расчленение (сейсмо-) геологического объекта при необходимости сохранять относительно целостное представление о нем — весьма сложная методологическая процедура. Эффективная реализация ее в практическом аспекте задается условиями полноты и достоверности (кондиционности) описания и прогнозирования объекта и его частей, которые, в свою очередь, зависят от разрешающей способности соответствующих эмпирических, или производственных (полевых, морских), методов.

Таким образом, рассматривая сейсмолитмологию как науку-метод литмологии, можно без труда увидеть единство объекта (слоевые ассоциации), общность предметов исследования (вещества, структуры, динамики и генезиса слоевых ассоциаций), совпадение многих задач и целевых установок и др. Сейсмолитмология как раздел, метод литмологии имеет определенную теоретическую основу (чего нет у сейсмостра-

²⁷ Терминоэлемент «сейсмо-» можно опускать, так как ясно, что речь идет о сейсмоциклитах.

тиграфии), в том числе системно-структурную методологию и начальную понятийно-терминологическую базу.

Сложность геологической интерпретации геофизических материалов и в то же время очевидная прогностическая мощь сейсмических методов поиска и разведки полезных ископаемых неизбежно вызывают все большее расширение круга и стихийное кооперирование самых различных специалистов. Эту тенденцию следовало бы усилить и организационно оформить в виде методологически обоснованного междисциплинарного сотрудничества, которое позволило бы исследователям приходить к взаимопониманию, достаточно оперативно и оптимальным способом влиять на ход теоретических разработок и производственных процессов.

В современных условиях междисциплинарное сотрудничество рассматривается как совершенно необходимая, практически единственная форма организации (не обязательно жесткоформальная) целой серии согласованных исследований, направленных на решение конкретной и достаточно сложной научно-практической проблемы²⁸. Научный и организаторский потенциал его участников в полной мере может быть реализован в исследовательской программе, которая обеспечивает а) перспективное расширение проблематики отдельных частных дисциплин; б) привлечение все новых специалистов для качественного решения возникающих задач; в) сокращение сроков исполнения заданий; г) органическую связь с производством, т. е. непосредственный «выход» результатов в отрасль и народное хозяйство.

Применительно к сейсмологическим объектам проблема в целом может быть решена в рамках единой комплексной программы исследований породно-слоевых ассоциаций осадочной оболочки Земли (литосферы). В организационном аспекте взаимодействие всех частных и интегрирующих наук и направлений должно найти отражение по крайней мере в трехуровневом строении исследовательской программы, которая, таким образом, будет объединять исследования регионального, поискового (зонального) и разведочного (локального) этапов. Разумеется, это подразделение на уровни условно, ибо вся информация об объекте, после ее анализа и обоснования, может вписываться в единую концептуальную структуру геологического объекта. Основная методологическая функция предлагаемой исследовательской прог-

²⁸ См.: Елсеев Э. Н., Сачков Ю. В., Белов Н. В. Потоки идей и закономерности развития естествознания.— JL, 1982.

раммы — воссоединение наличных фактов, идей и концепций.

Подобный подход весьма продуктивен при выделении не только циклитов, но и «сейсмоформаций» и «сеймофаций» — своего рода сейсмических аналогов геологических формаций и фаций, характеризующихся специфическим набором кинематических и динамических параметров волнового поля и условиям их прослеживания в пределах конкретных интервалов сейсмического разреза и изучаемой площади, т. е. при создании послойно-зональной модели среды для дальнейшего целенаправленного изучения внутреннего строения и вещественного состава формаций с позиций структурно-формационной геофизики²⁹.

С учетом высказанных положений и преломляя в конкретных ситуациях эвристические методы исследования больших систем³⁰, программу исследований слоевых ассоциаций, формаций, фаций и их отображений — сейсмологических объектов в онтолого-гнэсеологическом аспекте — можно развернуть следующим образом:

1) региональному уровню исследований будет соответствовать структурный (или формальный) уровень, на котором будут выясняться возможности выделения крупных сеймо-стратиграфических комплексов, состоящих из элементарных ячеек и объединенных в рего- и пексоциклиты, возможности прослеживания их по простиранию, выявления правил, законов композиции систем отражений, приемов свертывания информации и перекодирования, т. е. представления другими параметрами, и т. д.;

2) поисковому (зональному) уровню будет соответствовать семантический уровень, на котором осуществляется «наполнение» знаков, опорных и промежуточных отражений, сейсмокомплексов и других геофизических характеристик и аномалий веществом; петрофизическими свойствами, стратиграфической принадлежностью и т. д., т. е. осуществляются процедуры идентификации и интерпретации³¹;

3) разведочный (локальный) уровень исследований может быть отождествлен с генетическим, или ценностным, на котором выявляются закономерности образования и размещения (сейсмо-)геологических формаций, составляющих их

²⁹ См.: Хатянов Ф. И. Структурно-формационная интерпретация...

³⁰ Управление, информация, интеллект/Под ред. А. И. Берга и др.— М., 1976.

³¹ См.: Галаган Е. А., Тальвирский Д. Б. Нормирование и прослеживание отраженных волн в толстослойных средах.— Советская геология, 1982, № 9, с. 100—105.

слоевые ассоциации, и более мелких единиц, включая залежи полезных ископаемых, их прогноз и подсчет запасов.

Уровни и компоненты теоретических и прикладных геолого-геофизических исследований лишь в логических схемах представляются независимыми, в действительности же они взаимопереплетены, формируются одновременно и постоянно изменяются в связи с дополнительной информацией или смежной научных подходов и парадигм. Поэтому в рамках разработки программы особое место займет задача совершенствования понятийно-терминологической базы кооперирующихся предметно-целевых дисциплин, конкретизации общенаучных теорий.

На одном из первых этапов работы по программе должны быть собраны и систематизированы геолого-геофизические материалы об уже известных объектах. Здесь необходим специальный альбом-справочник, в котором конкретному периоду времени будет соответствовать геологический разрез с указанием кратких сведений о полевой и машинной методике обработки геологических данных. Однако в целом этапы (как и все стратотипы, тектонотипы и прочие «руководящие формы») применимы лишь в определенных границах, поскольку в принципе невозможно учесть все индивидуальные особенности признаков. Поэтому одновременно с этим (а в дальнейшем на исследованиях такого рода будет сосредоточено основное внимание) необходимо начать разработку типовых геолого-геофизических моделей. Это можно осуществить следующим образом:

во-первых, используя классификации циклитов, формаций и формационных рядов на основе их структурного, вещественного составов и законов композиции;

во-вторых, осуществляя сбор, систематизацию и составление теоретико-экспериментально-эмпирических зависимостей структурно-петрофизических свойств горных пород от их возраста, глубины залегания, фациальных и эпигенетических изменений, наличия аномально повышенных пластовых давлений и т. д.;

в-третьих, моделируя волновые картины и параметрические поля типовых ситуаций на основе комплексного анализа динамики и кинематики волн, псевдоакустического картожа и других приемов.

Эти процедуры могут быть замкнуты в итерационно-адаптивный цикл как в пределах одного уровня исследования, например только зонального или только локального, так и между уровнями при условии дополнения, усложнения модели более тонкими деталями и параметрами, существен-

но значимыми для тех или иных интервалов разреза. Понимается, что подобные типовые геолого-геофизические модели формаций будут представлять собой те карты, схемы, «когнитивные программы», которые позволят вести целенаправленный отбор требуемой информации, контролировать пределы преобразования сейсмических записей и приближаться к адекватному отражению конкретной геологической ситуации, выявляемой на основе промыслово-геофизических и керновых материалов. В идеале можно говорить о создании банка геологических и геофизических моделей — таких моделей, которые будут отражать естественную систематiku геологических тел и их сейсмические аналоги, начиная от формаций и формационных комплексов и кончая лититами, циклитами, слоями и телами полезных ископаемых.

В отношении скоплений углеводородов также необходимо различать уровни организаций, последовательно выделяя площади развития и интервалы разреза, представленные резервуарами (региональный уровень), ловушками (зональный) и залежами нефти и газа (локальный уровень). Исследовательская программа позволяет отнестись важнейший методологический момент — трансформацию идеальной геологической системы (модели) в эмпирическую сейсмическую. На сейсмических материалах геологические тела различного ранга предстают не в «чистом» виде, а с паложением, поглощением или усилением сигналов от сред, которыми в каждом конкретном случае являются геологические тела более высоких уровней организации. Тогда вся информация о взаимодействиях разноуровневых объектов может быть развернута по схеме «объект $(n - 1)$ -го уровня + объект n -го уровня + объект $(n + 1)$ -го уровня + ... + среда» с учетом ослабления сигналов и связей с объектами, находящимися на высших уровнях. В каждом конкретном случае, имея дело с геологическим телом того или иного ранга, исследователи уже целенаправленно конструируют систему, в сущности, по алгоритмическим правилам, предложенным Ю. А. Урманцевым³² и преобразованым в соответствии с известными или прогнозируемыми первичными элементами (слоями, лититами и т. д.), законами композиций (про-, ре-, про-рециклическими и другими законами) и отношениями с соподчиненными телами или объектами.

Таким образом, этот методологический момент образует «контрапункт» исследовательской программы, который фикс-

³² См.: Урманцев Ю. А. Симметрия природы и природа симметрии. (Философские и естественные аспекты). — М., 1974.

сирует гармоническое соединение идей концепции об уровнях организации вещества и структуры геологической формы организации материи и принципов системного подхода к геологическим объектам.

В рамках программы предстоит выполнить оптимальный комплекс исследований, направленных на выяснение вопросов влияния особенностей геологического разреза на сейсмические эффекты и их диагностическую значимость, вопросов разработки и совершенствования методик, алгоритмов статистического, в том числе многопараметрического, анализа динамики и кинематики волн, определения скоростей, многомерной фильтрации, восстановления сейсмических разрезов в истинных амплитудах, оценки надежности параметрических аномалий и других вопросов. Предлагаемая программа может быть согласована с аналогичными программами, ядро которых будут составлять исследования по разработке и совершенствованию методики комплексной интерпретации данных других (несейсмических) методов, методики проведения, обработки и интерпретации данных пространственной сейсморазведки, методов индикации объектов на основе комплексных параметров, таких как сейсмоэлектрический, электрогравитационный и др.

Все исследования по основным направлениям (блокам) программы, согласованные с официально зарегистрированными и выполняемыми научно-техническими проектами и исследовательскими темами, должны проводиться в лабораториях, отделах и секторах кооперирующихся научных и производственных учреждений. Координация такого неформального междисциплинарного сотрудничества должна быть возложена на координационный комитет при одном из академических институтов. Координационный комитет назначит бригаду программы и рабочие группы, в ведении которых будут находиться вопросы организации и функционирования коммуникационных сетей. Обсуждение полученных результатов, обмен мнениями, идеями, оценка проводимых исследований и их перспективности, издание трудов должны быть в центре внимания всех заинтересованных в сотрудничестве исследователей. Необходимо использовать все традиционные и новые формы контактов: конференции и семинары, выездные сессии, экспертные запросы, обмен препринтами и пр.

Таким образом, проблема геологической интерпретации геофизических материалов приобретает методологический статус стратегии широкого поиска, ориентированного — в рамках единой неформальной комплексной программы исследований — на создание программно-методического комп-

лекса по изучению и прогнозированию геологических формаций и фаций. Организационно программа должна формироваться под эгидой координационного комитета при одном из академических институтов и выполняться всеми заинтересованными научно-производственными учреждениями; обмен информацией и идеями, оценка полученных результатов должны осуществляться на уровне рабочих групп, бригад программы, на семинарах и конференциях. Исследователи лишь в принципе могут соглашаться на идеологическую увязку своих представлений и концепций о сложном, иерархизованном строении геологических объектов, свободно конструируя частные интегральные модели объекта, вырабатывая единый понятийный аппарат и согласовывая различные, и в первую очередь сейсмические, технико-методические приемы индикации объекта.

К сожалению, на неформальной основе невозможно организовать взаимосвязанные полевые (морские) опытно-методические исследования и осуществить внедрение их результатов в производство, что обусловлено разнородностью источников планирования и финансирования. Предлагаемая исследовательская программа призвана лишь организовывать и развивать коммуникационное взаимодействие членов междисциплинарного сотрудничества, вырабатывать единые ценностно-целевые ориентиры, повышать общую заинтересованность в исследованиях на передних рубежах науки и производства.

ОСНОВНЫЕ ФАЦИАЛЬНЫЕ ЗАКОНЫ ОБРАЗОВАНИЯ ФОРМАЦИЙ, ИХ ФИЛОСОФСКОЕ, ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ПРИКЛАДНОЕ ЗНАЧЕНИЕ

В. И. ПОПОВ, акад. АН УзССР,

С. Д. МАКАРОВА, д-р геол.-мин. наук

Законы, которые мы рассмотрим в этой статье, являются основными законами образования формаций из фаций. Мы опустим эмпирические формулировки этих законов и попытаемся изложить их с более общих позиций, базирующихся на представлении о фациальной зональности¹. В такой постановке данные законы могут интерпретироваться на основе мирового закона зональности природы по В. В. Докучае-

¹ См.: Попов В. И. Опыт описания и классификации осадочных формаций.— М., 1966.

ву², понимавшему природную среду как единое целое, как взаимодействие и связь всех явлений.

Первый закон (Ломоносова — Грессли)³ — закон горизонтальной фациальной зональности формаций — гласит, что в любой момент времени на поверхности Земли сменяются горизонтальные фациальные зоны и порождаемые ими различные геологические формации (рис. 1).

Данный закон учитывается при составлении фациально-палеогеографических карт, которые являются важнейшим инструментом для выяснения закономерностей образования и размещения осадочных полезных ископаемых в земной коре. Так, россыпные месторождения, включая золотоносные, платиноносные, алмазонасные, надо искать в наиболее грубых отложениях элювиального, склонового и линейно-долинного поясов, отчасти в веерно-обломочной зоне подгорных конусов выноса, а также в прибрежных обломочных осадках подводно-дельтового и волноприбойного поясов. В последних встречаются также россыпи циркона, монацита и других радиоактивных минералов и соединений титана. Можно привести и другие примеры.

Знание подобных закономерностей открывает путь для прогноза, а также для рациональных поисков и разведок ряда полезных ископаемых. Палеогеографические карты дают также ключ к пониманию распространения ископаемых биоценозов (ориктоценозов), также связанных с определенными фациальными зонами.

Второй закон (Соймонова — Грессли)⁴ — закон вертикальной фациальной зональности формаций — утверждает, что в разрезе сменяются разные вертикальные фациальные зоны, отвечающие горизонтальным, и их повторением обусловлено повторение сходных типов формаций (рис. 2).

Следствием данного закона является то, что в разное время могли образовываться сходные формации, сходные горные породы и сходные полезные ископаемые, а также ископаемые биоценозы (ориктоценозы) в осадках определенных

² См.: Докучаев В. В. К учению о зонах природы. Горизонтальные и вертикальные почвенные зоны.— Спб., 1899.

³ См.: Ломоносов М. В. О слоях земных.— М., 1949; Gressly A. Observations géologiques sur le Jura Solerois. Neues Dink.— Allgem. Schweizerischen Gesellschaft für die gesammten Naturwissenschaften, Bd 2, 1838; Bd 4, 1840; Bd 5, 1841.

⁴ См.: Соймонов Ю. В. Инструкция горным партиям для геогностического описания хребта Уральского и для приписания руд и золотосодержащих россыпей.— Горный журнал, 1829, № 4; Gressly A. Observations géologiques sur le Jura Solerois.

Первый и второй основные фациальные законы в западной литературе обычно называют законами Грессли.

фациальных зон. Этим же объясняется периодическое ритмическое повторение однопородных, но разновозрастных пород и формаций и полезных ископаемых в отдельных стратиграфических колонках (см. шестой закон).

Третий закон (Головкинского — Вальтера)⁵ — закон последовательного непрерывного преобразования горизонтальной фациальной зональности формаций в вертикальную (возрастного скольжения формаций). Согласно этому закону, при непрерывной миграции горизонтальных фациальных зон по поверхности Земли они в той же последовательности преобразуются в накапливающихся осадках в вертикальные зоны. В результате возникает скольжение во времени и в пространстве образующихся при этом осадочных формаций, их границ и иных петрографических горизонтов (рис. 3).

Данный закон отражает взаимодействие первого и второго основных фациальных законов и является важнейшим среди рассматриваемых фациальных законов. Чтобы понять его, необходимо появляющиеся в разрезах формаций горизонты разделить на два типа, что впервые было сделано Н. А. Головкинским:

1) петрографический горизонт включает внутри формации все точки, характеризующиеся однородным петрографическим составом горных пород. К числу петрографических горизонтов относятся отдельные слои и иногда линзы горных пород, четко отличающиеся по составу от смежных, а также границы отдельных осадочных и эффузивных формаций;

2) изохронный горизонт (изохронный уровень) соединяет внутри формации или внутри смежных формаций все точки, в которых возраст пород одинаков.

Петрографические и изохронные горизонты, как установил Н. А. Головкинский, не совпадают друг с другом, а пересекаются в разрезах под острым углом, за исключением некоторых специальных случаев (например, в слоях, отложенных по оси депрессии). Этот вывод привел к пересмотру традиционной точки зрения, согласно которой каждый петрографический горизонт, в частности каждый слой, имеет одинаковый возраст во всех своих точках и всюду содержит одинаковые органические остатки.

⁵ См.: Головкинский Н. А. О пермской формации в центральной части Камско-Волжского водораздела. Материалы для геологов России, т. I.— Спб., 1869; Walther J. Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft.— Jena, 1893—1894.

За рубежом этот закон называют законом Вальтера или законом Уилера — Бислея.

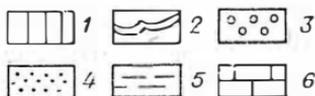
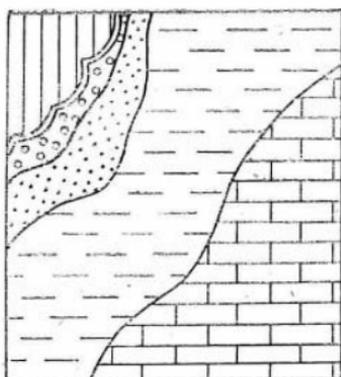


Рис. 1. Иллюстрация первого основного фациального закона (Ломоносова — Грессли). Горизонтальные зоны, поднятия.

1 — перерывы и наземные осадки; 2 — берег моря, морские осадки; 3 — галечные осадки; 4 — песчаные; 5 — пелитовые; 6 — известковые.

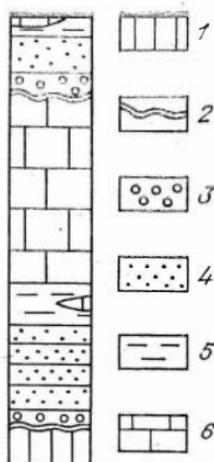


Рис. 2. Иллюстрация второго основного фациального закона (Соймонова — Грессли). Вертикальные зоны (усл. обозн. см. рис. 1).

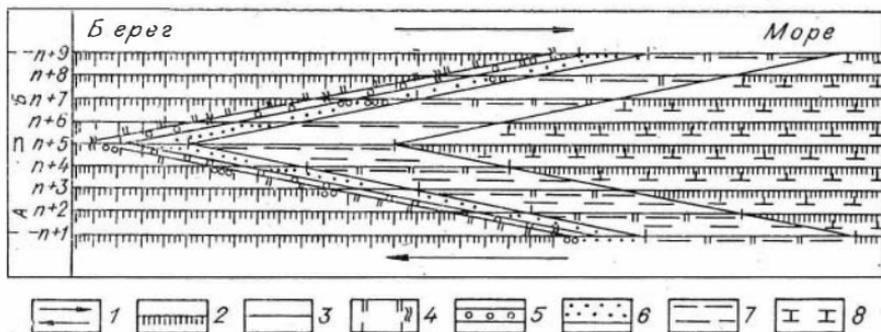


Рис. 3. Иллюстрация третьего основного фациального закона (Головкинского — Вальтера). Постепенный переход горизонтальных зон в вертикальные и возрастное скольжение.

1 — направления миграций горизонтальных зон; 2 — изохронные уровни; 3 — границы петрографических горизонтов; 4 — берег моря; 5 — галечные осадки; 6 — песчаные; 7 — пелитовые; 8 — карбонатные.

Разделив петрографические и изохронные горизонты, можно рассмотреть их взаимоотношения, возникающие при непрерывном отложении осадков на дне водоема в ходе постепенной миграции его фациальных зон. Такие зоны возникают в любом водоеме — большом или малом, платформен-

ном или геосинклинальном — как результат уклона дна, обычно направленного от берегов к центру бассейна. Уклон дна определяет также гравитационную дифференциацию осадков и смену способов их движения. При постепенном развитии трансгрессии водоема зоны и разделяющие их границы будут столь же постепенно и согласованно смещаться в сторону суши, все более затопляемой водой.

Непрерывность этих процессов дает нам основание, отмечив точками их положение на каждом из последовательных изохронных уровней, соединить все точки, отвечающие одноименным границам, с помощью непрерывных линий. Таким образом мы получим на разрезе положение граничных линий, разделяющих полосы суши, осадков гальки, песка, глины, известкового ила и т. п. (см. рис. 3). Очевидно, что каждая из таких полос, так же как любая из их границ, представляет собой отдельный петрографический горизонт. Из построения видно, что в условиях развивающейся трансгрессии водоема эти горизонты не совпадают с изохронными уровнями, а пересекают их. При этом возраст горизонтов уменьшается по направлению к суше, куда трансгрессируют водоемы.

Если вслед за трансгрессией началась регрессия, можно делать такие же построения для новой серии изохронных уровней, характер рисунка которых при этом сохранится. Однако полосы, отвечающие отдельным петрографическим горизонтам, будут при регрессии бассейна смещаться и «омолаживаться» в обратную сторону, т. е. по направлению от суши к центру водоема. Границы проявления ритмов и порождаемых ими ритмических серий соответствуют смене трансгрессии на регрессию или же регрессии на трансгрессию. При этом по границе трансгрессии и регрессии будет располагаться один из изохронных уровней (см. шестой закон).

Итак, более детальный анализ действия третьего основного фациального закона показывает, что смещение границ горизонтальных фациальных зон, поясов, комплексов их положений отражается в вертикальном разрезе. Иначе говоря, горизонтальная зональность осадков (первый закон) при миграции зон порождает вертикальную (второй закон).

Очевидно, что чем меньше скорость трансгрессии, тем под большим углом пересекаются петрографические горизонты с изохронными в поперечном разрезе, тем нагляднее выражено в нем несоответствие тех или других горизонтов, тем резче проявляется их возрастное скольжение. Это наблюдается в горообразовательных условиях, когда берега водоемов, края бассейнов и фациальных зон зачастую приуро-

чены к границам тектонических структур, пространственные границы этих палеогеографических объектов получаются довольно устойчивыми во времени. Поэтому отмечается большой градиент возрастного скольжения формаций и отдельных их горизонтов.

Напротив, чем больше скорость трансгрессии, чем быстрее она распространяется по поверхности Земли, тем менее резко выражено возрастное скольжение. Градиент его соответственным образом уменьшается. Это имеет место в равниннообразовательных условиях. Здесь вследствие выровненности рельефа трансгрессия или регрессия бассейна быстро охватывает огромные площади, происходит миграция фациальных зон и поэтому возрастное скольжение обнаружить гораздо труднее.

Возрастное скольжение важно учитывать при объяснении стратиграфии геологических тел и установлении их возраста, а также при установлении закономерностей распределения в плане и в разрезах формации подчиненных ей полезных ископаемых и ископаемых биоценозов (ориктоценозов). Те и другие вследствие возрастного скольжения вмещающей формации также испытывают возрастное скольжение.

Третий закон широко применяется для интерпретации стратиграфических колонок с целью составления фациально-палеогеографических карт. На основе исследования этих колонок можно построить динамическую палеофациальную схему, которая увязывается с картографическими данными с учетом направления сноса, определяющего простирания перпендикулярных ему динамических фациальных поясов и зон. Этот закон очень важен и для изучения полезных ископаемых, в частности спигенетических, спигенетично-эпигенетических и эпигенетических, так как объясняет возрастное скольжение образуемых ими горизонтов. Данное явление было обнаружено, в частности, при анализе распространения фосфоритов в европейской части СССР⁶ и в Средней Азии⁷, а также в мел-палеогеновых медистых песчаниках огромного Южно-Тяньшаньского меденосного пояса⁸.

⁶ См.: Казаков А. В. Фосфатные фации. Ч. 1. Происхождение фосфоритов и геологические факторы формирования месторождений.— М.— Л., 1939.

⁷ См.: Баскаков М. П. Фациально-геохимический и минералогический анализ осадочных формаций мела и палеогена междуречья Аму-Дарья и Сыр-Дарья. Автореф. докт. дис.— Ташкент, 1959.

⁸ См.: Попов В. И., Флиппов А. А., Капустянский И. Д. и др. Южно-Тяньшаньский меловой меденосный пояс.— В кн.: Металлогения Тянь-Шаля. Тезисы докладов к V Всесоюзному металлургическому совещанию. Фрунзе, 1968.

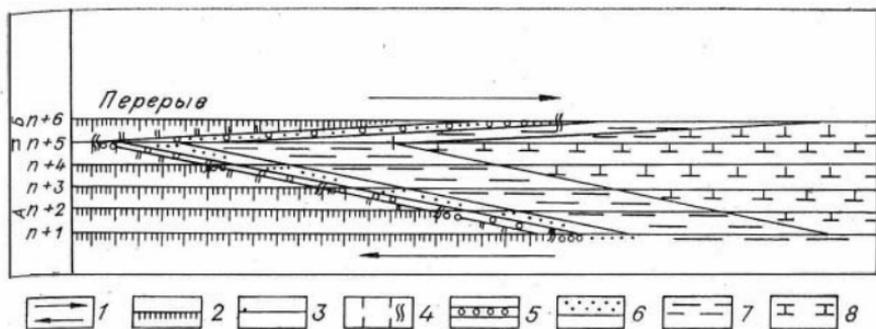


Рис. 4. Иллюстрация четвертого основного фациального закона (Вальтера — Усова). Непрерывно-прерывистый переход горизонтальных зон в вертикальные (усл. обозн. см. рис. 3).

Четвертый закон (Вальтера — Усова)⁹ отражает возникновение перерывов в непрерывном последовательном преобразовании горизонтальной фациальной зональности в вертикальную (непрерывно-прерывистое развитие формаций и их ступенчатое возрастное скольжение). Данный закон объединяет первый, второй и третий основные фациальные законы, причем учитывает не только постепенное скольжение мигрирующих горизонтальных зон, но и их скачкообразные смещения и изменения. Суть его сводится к тому, что постепенная миграция горизонтальных фациальных зон по поверхности Земли временами сменяется внезапным их смещением, вследствие чего в разрезе непрерывно и зонально откладывающихся осадков возникают перерывы их горизонтальной и вертикальной зональности (рис. 4).

Закон непрерывно-прерывистого развития формаций разными геологами трактуется по-разному. Так, М. А. Усов¹⁰ рассматривал данное явление с тектонических позиций. Перерывы между формациями он понимал как прекращение переосаждения и накопления осадков, связывая это с действием катастрофически наступающих тектонических фаз. Автор выделил в Западной Сибири 54 внезапно наступившие тектонические фазы и соответствующее количество геологических формаций.

⁹ См.: Walther J. Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft; Усов М. А. Фазы и циклы тектогенеза Западно-Сибирского края. — Новосибирск, 1936.

¹⁰ См.: Усов М. А. Фазы и циклы тектогенеза Западно-Сибирского края.

Однако, как было установлено уже в 30-х гг.¹¹, перерывы в осадконакоплении являются следствием поднятия данного участка земной коры, развивающегося на фоне непрерывных тектонических деформаций. Перерывы проявляются только в пределах поднятия и исчезают за его границами, не распространяясь в смежные, одновременно развивающиеся впадины. В этой трактовке перерыв означает скачок в развитии и распространении двух смежных формаций в результате коренных качественных изменений в эволюции тех физико-химических петрогенетических процессов, которыми они вызываются. Таким образом, рассматриваемый закон есть проявление одного из трех законов диалектики, а именно — о переходе количественных изменений в качественные.

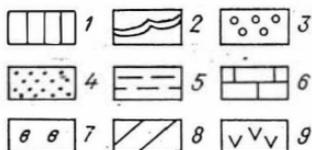
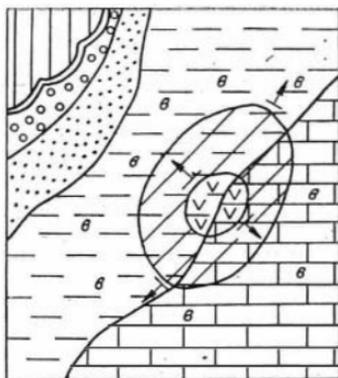
Скачками в развитии формаций объясняется резкость границ ритмических серий в тех случаях, когда эти границы проводятся по максимумам проявлений энергии геологических процессов. Поэтому четвертый закон также используется при анализе ритмичности формаций (см. шестой закон), позволяя установить особенно четкие границы ритмостратиграфических подразделений.

Непрерывно-прерывистая миграция фациальных зон и поясов отражается также на динамических палеофациальных картах, позволяя подчеркнуть контрастность в смене таких поясов по границам образуемых ими субформаций и формаций. Данный закон объясняет и прерывистость возрастного скольжения петрографических горизонтов, в том числе представленных отдельными полезными ископаемыми. Последние при возрастном скольжении могут внезапно переходить с одного возрастного уровня на другой или же обрываться.

Перерывы между формациями и между ритмическими сериями (шестой закон) играют важную роль в образовании различных руд, не только сингенетических, но и сингенетично-эпигенетических и эпигенетических. Для образования последних благоприятны резко выраженные контактные зоны между формациями и ритмическими сериями как наиболее доступные для передвижения водных растворов. Такие зоны иногда делаются водопроницаемыми после дополнительного тектонического брекчирования, возникающего при скольжениях формаций по их границам.

¹¹ См.: Наливкин Д. В. Складчатости и несогласия. Сборник, посвященный В. И. Вернадскому. — М., 1935; Шатский П. С. О неокатастрофизме. — Пробл. сов. геол., 1937, № 7; Понов В. И. О непрерывности тектонических движений. — Ташкент, 1938.

Рис. 5. Иллюстрация пятого основного фациального закона (Головина — Шмаривича). Несогласное наложение эпигенетических зон на сингенетические. 1—6 — см. рис. 4; 7—9 — несогласно наложенные зоны нефтяного эпигенеза вокруг антиклинальной ловушки в песчаной пачке пород; 7 — обводненная; 8 — нефтеносная; 9 — газоносная.



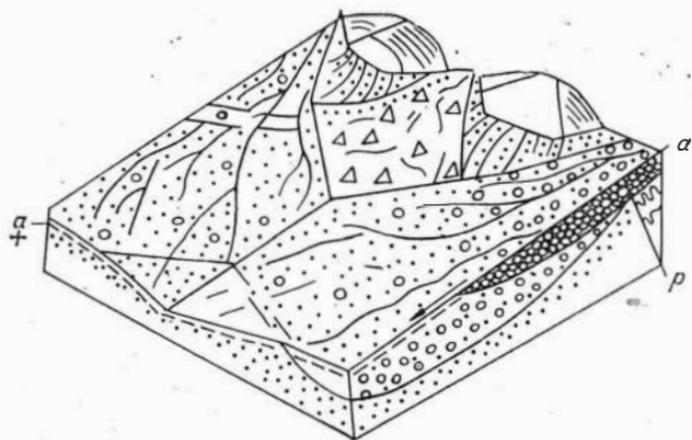
Пятый закон (Головина — Шмаривича)¹² — закон несогласованного наложения эпигенетической зональности на сингенетическую фациальную зональность формаций — утверждает, что зоны эпигенетических процессов несогласно накладываются на сингенетические горизонтальные и вертикальные зоны формаций (рис. 5).

Это можно видеть как в разрезе петрографических горизонтов, так и в плане, в частности на изохронных динамических палеогеографических картах. Процессы образования эпигенетических зон иногда могут повторяться в разрезе или же пересекать наслоения.

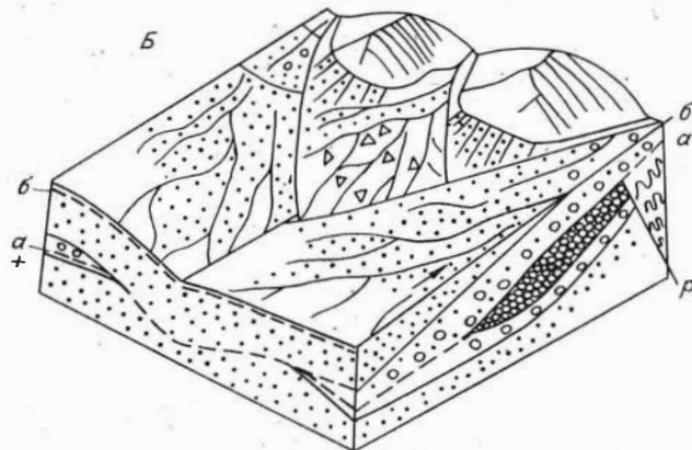
Чтобы установить проявления пятого закона, необходимо провести детальные топоминералогические и топогеохимические исследования, построить динамические палеофациальные карты. При этом на карты или же на схемы поперечных и продольных фациальных разрезов наносятся зоны распространения выявляющихся минералов и отдельных химических элементов, которые связаны с эпигенетическими процессами. Действие закона проявляется в расположении полезных ископаемых как в плане, так и в разрезе. Он позволяет также уточнить разделение сингенетических и эпигенетических месторождений, залегающих в осадочных формациях. Это имеет не только теоретическое, но и прикладное значение, так как облегчает раздельное прослеживание залежей сингенетических и эпигенетических полезных ископаемых при их поисках и разведке.

Явления, описываемые пятым законом, очень важны и для понимания закономерностей образования и размещения эпигенетических месторождений в разрезах земной коры.

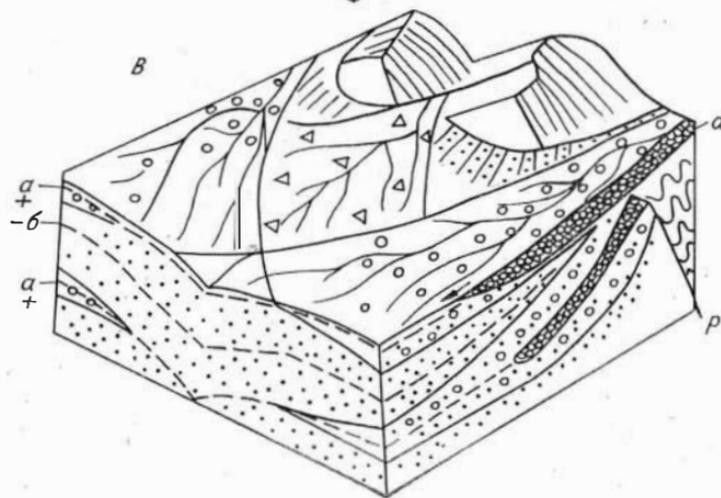
¹² См.: Головин Е. А. О двух группах экзогенных процессов и урановых месторождений. — Литология и полезн. ископаемые, 1965, № 2.



Б



В



1



2



3



4



5



6



7



8



9



10

Рис. 6. Иллюстрация шестого основного фациального закона (Пустовалова). Периодическое (ритмическое) развитие формаций (на примере моласс).

А — I фаза поднятия; Б — фаза опускания; В — II фаза поднятия; 1 — направление миграций горизонтальных зон; 2 — элементы ритмосерии; 3 — границы ритмосерий; 3а — при смене положительного движения на отрицательное, 3б — при обратной смене; 4 — разлом; 5 — домолассовое складчатое основание (горизонтальные зоны); 6—9 — осадки: 6 — склоновые, 7 — селевые, 8 — песчаные и лессовые подгорно-веерные, 9 — галечниковые подгорно-веерные; 10 — перерывы отложения подгорно-веерных осадков.

Такие несогласные взаимоотношения наблюдаются, в частности, между зонами распространения сингенетических полезных ископаемых и эпигенетических, например нефтегазовых, связанных с антиклиналями (см. рис. 5) и с соляными интрузиями. Кроме того, в сводах складок, по теории парагенезиса серы и нефти А. С. Уклонского¹³, концентрически-зонально располагаются эпигенетические серные залежи, новообразования целестина, халцедона, руд меди, ванадия, урана и др., отложенные нефтяными водами в контакте с кислородсодержащими.

Шестой закон (Пустовалова)¹⁴ устанавливает периодичность (ритмичность) геологических формаций, утверждая, что в развитии геологических формаций проявляется неоднократное периодическое двустороннее непрерывное или же непрерывно-прерывистое смещение фациальных зон, вызывающее ритмичное отложение их продуктов в разрезе порождаемых ими вертикальных фациальных зон (рис. 6). Таким образом, данный закон тесно связан с третьим и четвертым основными фациальными законами.

Под ритмичностью (цикличностью)¹⁵ мы понимаем неравномерно-периодическое пульсирующее чередование двух

¹³ См.: Уклонский А. С. Парагенезис серы и нефти. — Ташкент, 1941.

¹⁴ См.: Пустовалов Л. В. Об осадочной дифференциации вещества и о периодичности минерального осадконакопления. — Разведка недр, 1940, № 4.

¹⁵ На наш взгляд, термины «ритмичность» и «цикличность» в равной мере отражают реально проявляющееся периодическое развитие геологических процессов и поэтому в геологии являются синонимами (см.: Попов В. И. О терминах «периодичность», «ритмичность», «цикличность». — В кн.: Цикличность осадконакопления и закономерности размещения горючих полезных ископаемых. Тезисы докладов Всесоюзной конференции. Новосибирск, 1975). Однако многие литологи предпочитают использовать термин «ритмичность», считая, что последний лучше передает спокойное, часто меняющееся развитие литогенетических процессов, которое напоминает отнюдь не плавное круговое (цикличное) движение, а скорее импульсы, подобные бие-

взаимно противоположных тенденций изменения геологического процесса, подчиненное общему необратимому его развитию. Поэтому отдельные ритмы (циклы) такого развития не замкнуты, являются как бы витками общего спиралевидного развития, которое характерно для любого естественно-исторического процесса.

Представление о ритмичности играет важнейшую роль при изучении формаций, особенно их морфологии, и, следовательно, при установлении соотношений и границ между ними. Известно, что иногда наблюдается очень тесное ритмическое переслаивание разных формаций, на основе чего некоторые исследователи называли формациями отдельные ритмически сложенные их сочетания (ассоциации), относящиеся к различным генетическим типам. Однако помимо крупной регионально обусловленной формационной (и субформационной) ритмичности, наложенной на развитие формаций (и субформаций), выделяется мелкая, внутриформационная, выраженная в чередовании (слоев, литогенетических типов) пород, т. е. в образовании петрографических ритмических серий. Так, при периодическом колебательном движении дна или уровня моря возникает периодическое двустороннее ритмическое чередование осадков различных фациальных зон. Все они вклиниваются друг в друга у границ, по которым происходит смена трансгрессии регрессией или, наоборот, регрессия сменяется трансгрессией. Поэтому такие границы могут быть приняты за границы ритмических серий пород.

Выявлять границы ритмических серий удобнее по началу регрессии. Здесь они выражены более резко, чем у начала трансгрессии, так как отвечают максимальному нарастанию энергии движения осадков, выраженному скачкообразно (см. четвертый закон), и подчеркиваются предшествующим перерывом и денудацией осадков. В результате появляется возможность, кроме петрографических и отвлеченных изохронных горизонтов, не фиксирующихся в изменении состава осадков, выделить еще ритмические — также изохронные, но закрепленные в разрезах. Нетрудно видеть, что при смене трансгрессии на регрессию и наоборот во всех точках на дне водоема эта смена одновременно отражается

ию сердца, ритмично отражающему на кардиограмме. На I Всесоюзном совещании по осадочным породам в 1952 г. (Москва) был утвержден термин «ритмичность» и не рекомендовалось применять термин «цикличность», использовавшийся в метафизических устаповках. Однако дискуссия по этому вопросу продолжается.

в составе его осадков совпадая с одним из изохронных уровней (см. третий закон).

Изучение ритмичности формаций очень важно для стратиграфии, поскольку границы проявления ритмов развития формации и отвечающие им границы соответствующих ритмических серий пород являются изохронными во всех своих точках. Этот вывод лежит в основе ритмостратиграфической методики. Он подтверждается данными распространения фауны, полученными в результате детального изучения ритмов (циклов), выделенных А. Д. Архангельским в разрезах меловых отложений Туркестана и юга европейской части России (смена трансгрессий и регрессий в обоих регионах происходила одновременно)¹⁶, также установленными Л. Стампом в отложениях Англо-Парижского палеогенового бассейна¹⁷. Следовательно, границы ритмосерий параллельны биостратиграфическим. Поэтому данный вывод лежит в основе биоритмостратиграфической методики.

Указанное совпадение подтверждает правильность хода рассуждений И. А. Головкинского, которыми он обосновал третий основной фациальный закон. Позднее эти теоретические доказательства были повторены П. Г. К. Босуэлом, Г. Б. Мильнером и многими другими и наглядно подтверждены детальными погоризонтными исследованиями дробноритмичной паралической толщи среднекарбонového (башкирского) возраста в Донбассе, проведенными С. К. Комоцким¹⁸ на материале данных большого количества подземных выработок.

По-видимому, никакие биостратиграфические исследования (возможно, за исключением основанных на изучении фораминифер) сами по себе не смогут выявить изохронные уровни в коррелируемых разрезах с такой же точностью и детальностью, с какой эти уровни устанавливаются по биоритмостратиграфическим горизонтам, отвечающим смене трансгрессии на регрессию или наоборот. Третий и четвертый законы вместе объясняют также связанную с ритмичностью периодическую смену и повторное проявление (рекупацию) ископаемой фауны и флоры.

Шестой основной фациальный закон является также основой при анализе потенциальной рудоносности сложных по

¹⁶ См.: Архангельский А. Д. Верхнемеловые отложения Туркестана.— Тр. Геол. ком. Новая сер., 1916, вып. 15.

¹⁷ См.: Stamp L. On cycles of sedimentation in the Eocene strata of the Anglo-Franco-Belgian basin.— Geol. mag., 1981, v. 58.

¹⁸ См.: Комоцкий С. К. Происхождение угленосной толщи Донецкого бассейна. Автореф. докт. дис.— Ташкент, 1961.

составу ритмически построенных формаций. А. А. Филиппов и И. Д. Капустянский¹⁹ показали это на разрезе ритмосвит меловых формаций Южно-Таджикской депрессии, опираясь на результаты спектрального анализа. Установлено, что имеется отчетливый ритмический контроль сверхкларковых рудных концентраций, зависящий от повторения пачек обломочных, пелитовых, карбонатных и застойных осадков.

Рассмотренные законы в их фациально-зональной интерпретации имеют глубокое методологическое значение для геологической науки. Действительно, с их помощью можно объяснить такие объекты и явления, как материальные тела (формации) и их развитие, пространство и время в геологическом преломлении, непрерывность и прерывистость образования формаций, преобразование первичных сингенетических закономерностей развития во вторичные эпигенетические, периодическое повторное и общее необратимое развитие, вместе составляющие спиралевидное движение и изменение вещества формаций. Основные фациальные законы образования и распространения формаций во времени и в пространстве помогают ориентироваться в ряде вопросов морфологии формаций. Но особенно тесно связаны они с решением задач стратиграфии формаций, а также вопросов, встающих при прогнозировании и поисках различных видов сингенетических и эпигенетических твердых полезных ископаемых, жидких (подземные воды, нефть) и газообразных.

¹⁹ См.: Попов В. И., Филиппов А. А., Капустянский И. Д. и др. Южно-Тяньшаньский меловой меденосный пояс.

Раздел III

ПРИНЦИПЫ КЛАССИФИКАЦИИ ОСАДОЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ КЛАССИФИКАЦИИ ГОРНЫХ ПОРОД

А. Ф. БЕЛОУСОВ, д-р геол.-мин. наук

Последние три-четыре десятилетия характеризуются сильной специализацией отраслей петрографии, изучающих разные типы горных пород — осадочные, метаморфические, магматические, импактиты и др. Сейчас петрография фактически не существует как единая научная дисциплина. В каждом из ее разделов (для главных типов горных пород, руд и для подразделений внутри этих типов) создаются обособленные систематики со специфическими принципами и номенклатурой. Соотносить существующие классификации становится все труднее, что ощущают не столько сами петрографы, сколько связанные с геологической интерпретацией эмпирического материала геологи, геофизики, гидрогеологи, геохимики, а также специалисты, занимающиеся геолого-математической обработкой данных о горных породах. Разрозненность дисциплин не способствует обобщению и повышению научного уровня петрографических классификаций, из-за чего последние нередко логически несовершенны и неоптимальны. Несовместимость классификационных подразделений и номенклатуры разных горных пород неизбежно создает помехи при прослеживании превращений одних типов пород в другие и анализе прочих отношений между породами.

Специализация петрографических дисциплин неизбежна — она обусловлена специфическими свойствами отдельных типов пород, требующими особых принципов изучения и систематики. Например, физико-географический и биогенетический принципы применимы только к осадочным породам. Однако исследователи часто забывают о том, что должны оставаться в силе и универсальные общепетрографические принципы: петрофизический, химический, минералогический, структурный, геохронологический, формационный, целый ряд петрогенетических. На основе этих принципов



Принципы

Схема 1. Классификационные принципы с возможным (внизу) и невозможным (вверху) входами в универсальную классификацию горных пород.

могут быть выбраны показатели, пригодные для классификации любых пород (схема 1). Но за редким исключением¹ они обычно не учитываются в современных руководствах по петрографии и петрологии, сосредоточившихся на специфических подходах. Между тем с помощью общепетрографических показателей возможна существенная унификация систематик горных пород, которая будет способствовать интеграции петрографических дисциплин.

В соответствии с современным определением научных систематик, под классификацией горных пород следует понимать отнесение их к некоторым классам, приведенным в систему². Горной породой целесообразно называть любой за-

¹ См., например: Гаррелс Р., Маккензи Ф. Эволюция осадочных пород. — М., 1974.

² См.: Шарапов И. П. Логический анализ некоторых проблем геологии. — М., 1977.

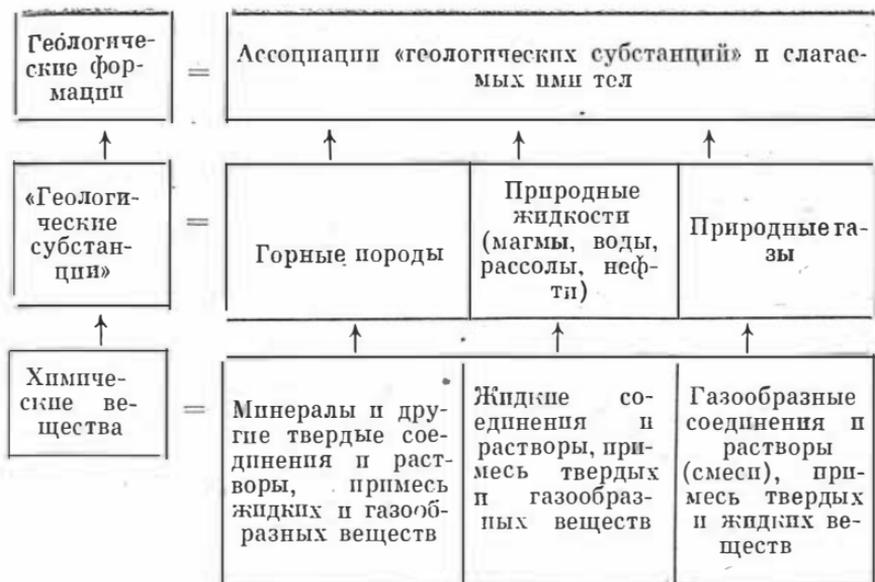
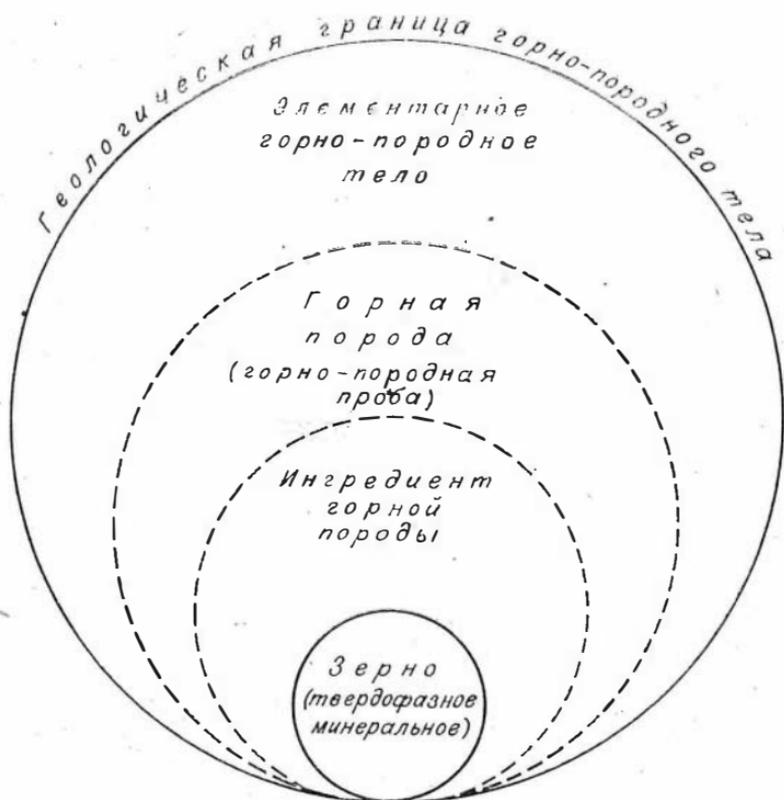


Схема 2. Иерархия вещественных объектов, изучаемых геологией.

полпяющий связный объем искусственный твердофазный агрегат, состоящий из кристаллических веществ (минералов) и иногда минералоидов — переохлажденных жидкостей (стекло), твердых смол (янтарь), твердых гелей (опал). Жидкие и газообразные соединения горная порода может содержать только в виде включений в твердофазном каркасе. В такой трактовке категория горных пород конструктивна прежде всего как вещественно-морфологический блок в системе геологических масс (изучаемой науками о Земле), одноуровневый с блоками природных жидкостей, природных газов, биомассы (схема 2). Указанное понятие породы применимо также к метеоритному веществу и твердофазному веществу других планет, которое сегодня становится доступным для петрографического изучения.

Из отмеченного выше системного характера классификации вытекает требование ее системной оптимальности во всех частях, включая правомерность применяемой номенклатуры классов³. В доказательство приведем негативный

³ См.: Белоусов А. Ф. Системный подход и некоторые методологические проблемы исследования геолого-географических формаций.— В кн.: Методологические и философские проблемы геологии. Новосибирск, 1979.



Конструктивная локализация категории горной породы (горно-породной пробы) в ряду категорий структурно-вещественных геологических образований низших рангов.

пример. Объекты осадочной петрографии многие литологи подразделяют на осадки и осадочные породы, что сужает значение термина «горная порода» и противоречит фундаментальному смыслу общепетрографического понятия горной породы. Оптимальное решение вопроса достаточно очевидно: горные породы следует подразделять на литифицированные и нелитифицированные (к последним, кроме осадков, принадлежат тектонические сыпучки, массы структурного элювия, реголиты и т. п.).

Петривален вопрос о верхней границе объема горной породы как объекта классификации. В данном выше определении горной породы эта граница не оговорена, что не случайно. Внешняя граница является атрибутом (определяющим элементом) геологических тел⁴, в том числе и горно-

⁴ См.: Усманов Ф. А. Основы математического анализа геологических структур.— Ташкент, 1977.

породных, но не самих пород (см. рисунок). Познавательная ценность категории горной породы состоит именно в том, что эта категория может характеризовать вещественное заполнение любой выбранной части геологического горно-породного тела, выявляемого всегда в неоминимальных дискретных границах.

Физическим представителем горных пород, подвергаемым изучению и предъявляемым к классификации, всегда является проба. Внешние границы пробы выбираются исследователем, как правило, искусственно, но не произвольно. Иногда проба охватывает породное тело целиком (линза породы, конкреция, рудное гнездо и т. п.), при этом часто утрачивается возможность выявления вариаций пород внутри породного тела. Если объем породы выходит за пределы элементарного породного тела, т. е. она представляет набор разнородных тел, явную смесь разных пород, познавательная ценность пробы снижается. Породные пробы многоцелевого назначения обычно не должны выходить за пределы элементарных породных тел (слой, лавовый поток и т. п.). В этом случае пробы позволяют осуществить анализ вариаций внутри геологических тел, а также дать статистическую характеристику совокупностей пород (тел). С учетом сказанных соображений и определяется оптимальный верхний предел объема пробы.

Минимальный представительный объем пробы должен обеспечить относительную независимость определяемых валовых характеристик породы от разнородности ее минеральных составляющих и структурных ингредиентов. Объем достаточен, если при его увеличении определяемые характеристики остаются относительно устойчивыми. Меньший объем пробы недостаточно представительен (неоптимален), так как валовые характеристики агрегата в нем существенно зависят от неоднородности указанных составляющих. В пределе при точечном опробовании породы (микрзондовый химический анализ) можно получить полимодальное распределение результатов, в котором максимумы отвечают составам минералов породы. Экспериментальным и математическим моделированием показано, что для полиминеральных пород проба обычно представительна, если включает десятки тысяч минеральных зерен, для мономинеральных — тысячи или сотни зерен.

Как и в других областях природоведения, в петрографии для классификации ее объектов применяются все возможные шкалы оценок — качественные, порядковые и количественные, причем роль последних возрастает. Необходимая

для любой систематики дискретизация шкал достигается двумя способами: номинально, когда используются качественные признаки или фиксируется универсальное выпадение интервала количественных значений признака между классами, либо номинально, когда границы классов выбираются произвольно на числовом континууме. Указанные подходы применимы для любых типов пород, изучаемых разными отраслями петрографии.

Для решения проблем классификации горных пород необходимо выявить соотношение фактических и концептуальных (в том числе петрографических) классификационных данных. Существует мнение об абсолютном приоритете данных непосредственного наблюдения и неприемлемости генетико-концептуальных. Это следует считать методологическим недоразумением не только потому, что при эмпирических оценках явно или неявно всегда используются умозрительные предпосылки, но и потому, что в данном случае никакой фактологический шаг классификации (например, отнесение породы к классу с содержанием кремнезема до 50% мас.) немислим без предварительного суждения о том, что это именно горная порода (т. е. искусственный агрегат). Никакая система классификации горных пород невозможна без применения фактологического и генетико-концептуального подходов, которые универсально необходимы для любых горных пород. Речь может идти лишь о чередовании шагов классификации с использованием фактологических и концептуальных вводов. Приоритет тех или других может состоять лишь в степени их детализации (в качественной, порядковой, количественной шкалах). Так, при многоцелевой петрографической систематизации приоритет принадлежит вещественно-структурным признакам, а среди них — вещественному составу⁵. В более узких классификациях могут приниматься свои приоритеты.

Важен вопрос о логической структуре петрографических классификаций. Сейчас весьма распространены классификации горных пород, которые можно назвать псевдовидовыми. Такие классификации основаны на сравнениях проб пород с «эталонными» описаниями ранее выделенных разновидностей, каждый раз с использованием некоторой специфиче-

⁵ См.: Кузнецов Ю. А., Белоусов А. Ф., Поляков Г. В. Принципы построения систематики магматических формаций на основе их вещественного состава.— В кн.: Проблемы петрологии. М., 1976; Классификация и номенклатура магматических горных пород.— М., 1981; Справочник по литологии.— М., 1983.

ской совокупности связанных признаков. Исходные разновидности выделяются по отличиям от уже известных, при этом присваиваются географические или другие случайные по отношению к составу, структуре и генезису породы наименования. Классификационные границы разновидностей точно не определены, не определена четко и полно их система, т. е. логическая база систематики весьма несовершенна. Неудивительно, что псевдовидовые классификации, как правило, не могут быть эффективно реализованы, результаты их часто неоднозначны, содержательно нечетки и т. д. Особенно характерно такое положение для магматической петрографии, на что указывал А. Ритман⁶. Тем не менее систематики на псевдовидовой основе продолжают вводиться и для вновь вовлекаемых в петрографическое изучение типов пород, например импактитов.

Хотя видовой (популяционно-видовой) принцип может быть применен в классификациях разных горных пород в рациональной форме (см. ниже), следует отметить перспективность принципиально иных по логической структуре классификаций — с системой независимо вводимых и ранжированных признаков. Такие признаки с разработанной для каждого из них шкалой учитываются при классификации в определенном порядке⁷. Здесь строго выполнимы известные общелогические требования к научной классификации, сама классификация легко может быть детализирована или обобщена, классификационный результат всегда сохраняет конкретность и поддается интерпретации, систематика может иметь высокую познавательную (эвристическую, предсказательную) силу.

Рассмотрим те классификационные показатели (вводы), которые являются универсальными для горных пород (см. схему 1). К ним относятся прежде всего петрофизические свойства — плотность, пористость, прочность, упругие и магнитные свойства, цвет, проницаемость и др. Эти свойства учитываются геологами, геофизиками, гидрогеологами обычно с помощью одних и тех же классификационных шкал для разных горных пород. В методологическом плане примечательно, что здесь общепетрографический подход сохранился постольку, поскольку петрофизические исследования

⁶ См.: Ритман А. Устойчивые минеральные ассоциации изверженных пород: метод пересчета. — М., 1975.

⁷ См., например: Кузнецов Ю. А., Белоусов А. Ф., Поляков Г. В. Принципы построения систематики магматических формаций на основе их вещественного состава.

велись в основном не петрографами. На основе унифицированных петрофизических показателей успешно изучаются отношения и эволюция горных пород в рядах осадочные породы — метаморфические — магматические породы, вмещающие породы — руды и т. д. Следует подчеркнуть, что в качестве универсальных вводов пригодны порядковые и количественные признаки, а из качественных признаков — только те, для которых возможна порядковая или количественная интерпретация (например, можно упорядочить по спектральным характеристикам цветовые тона).

Петрохимические и геохимические данные (состав элементов примесей, изотопов), интенсивно накапливающиеся последние 20—30 лет, уже широко используются для всех типов горных пород. Универсальными сравнительными и классификационными показателями являются непосредственные результаты анализов. Такими показателями могут быть и разные пересчетные химические характеристики, имеющие общепетрологический и геологический смысл. В отличие от петрофизических показатели химизма, особенно петрохимические, будут различными в разных отраслях петрологии, в каждой из которых используются свои системы пересчетных показателей и свои шкалы. Вопрос об универсальных пересчетных химических характеристиках не рассматривается. Между тем для анализа отношений разногенетичных пород унифицированные показатели и шкалы могут быть не менее интересны, чем петрофизические. Это видно уже из первых попыток петрохимической диагностики осадков и магматических пород, исходных для метаморфитов докембрия⁸.

Возможные универсальные классификационные вводы не исчерпываются показателями валового химического состава проб пород. Так, интересным свойством пород, рассматриваемых как среды формирования подземных флюидов, является показатель концентрации водородных ионов рН в водной вытяжке. Все шире исследуется состав газовых составляющих пород. Эти общепетрографические параметры интересуют геологов, гидрогеологов, геохимиков.

Минеральный состав как качественная характеристика (списки минеральных видов) еще не является универсальным вводом в систематику пород, а лишь обособляет разные их типы. Универсальные вводы дает количественная оценка содержания минералов, включая нулевые. Для ши-

⁸ См., например: *Осадочная геология глубокометаморфизованных комплексов докембрия*.— М., 1982.

рокого исследования отношений между разными типами пород перспективны также долевые показатели участия группировок разных минералов (родственных по типу кристаллической решетки, присутствию одних и тех же минералообразующих компонентов и т. п.). Объем данных о компонентном составе минералов быстро растет в связи с массовым внедрением методов микроанализа.

Структурно-текстурные классификационные подразделения и номенклатура главных традиционных подразделений горных пород сейчас мало совместимы, особенно для геометрических отношений между зернами или ингредиентами. Надо отметить, что не отработано само понятие ингредиентов породы, необходимое для уточнения понятия текстуры. Универсальными вводами являются усредненный размер зерен породы (среднее, средневзвешенное, медиана, мода), средняя площадь поверхности зерен, объемные доли фракций (включая нулевые содержания), показатели неоднородности гранулометрического состава, в том числе энтропийные⁹. Недавно предложены корректные методы оценки гранулометрического состава в сечениях, позволяющие определять средние объем и площадь поверхности зерен, долю объемных фракций¹⁰. В результате появилась практическая возможность не только широко распространить гранулометрическую классификацию на все горные породы (как литифицированные, так и нелитифицированные), но и обогатить ее содержание. Предложены также способы строгого описания структурных отношений геологических тел (на базе бинарных отношений)¹¹, позволяющие найти новые универсальные структурно-текстурные вводы в систематику пород.

Геохронологические показатели (в шкале абсолютного возраста, биостратиграфической или других порядковых шкалах относительного возраста) как универсальный ввод в классификацию горных пород общепризнаны. По существу, это петрофизический параметр, и использование его в качестве общепетрографического имеет то же методологическое основание, что и для других петрофизических свойств: он разрабатывался с общегеологических, но не узкоспециальных позиций. Следует отметить, что сейчас в петрографии горная порода почти не изучается как геоисторический

⁹ См.: Романовский С. И. Седиментологические основы литологии.— Л., 1977; Усманов Ф. А. Основы математического анализа геологических структур.

¹⁰ См.: Усманов Ф. А. Основы математического анализа геологических структур.

¹¹ Там же.

документ, в том числе с точки зрения эволюции пород каждой генетической группы во времени.

Технологические показатели характеризуют прикладные свойства горных пород как полезных ископаемых и элементов окружающей среды человека. Они отражают физические, химические, минералогические, структурно-текстурные особенности пород. Применяются унифицированные параметры разрушаемости, устойчивости, сейсмопроводности пород и руд. Обобщенные технологические параметры пород, учитывающие вещественный (химический, минералогический) состав пород как рудных ископаемых, пока не получили развития. Существуют обособленные классификации для руд и отдельных типов пород.

Вместе с тем необходимость в обобщенной вещественно-технологической систематике горных пород возрастает, что связано с освоением нетрадиционных видов минерального сырья, особенно комплексного, в число которых со временем войдут и рядовые горные породы. Так, сырьем для получения алюминия помимо осадочных бокситов могут стать магматические нефелинсодержащие и иные фельдшпатоидные породы и апортозиты, метаморфогенные алузитовые и дистен-андалузит-силлиманитовые породы и т. п. Следовательно, становится актуальным широкое изучение горных пород по показателям глиноземистости с целью выявления пород высокоглиноземистого класса. Разработка общих вещественных классификаций горных пород поможет обосновать прогноз новых видов минерального сырья, выбор новых перспективных направлений ресурсной политики.

Петрогенетические вводы в классификацию часто сводятся к соотношению горных пород с типами породообразующего процесса как комплексного и целостного феномена. Примеры таких классов — продукты андезитового вулканизма, золотые осадки, породы коры выветривания, тектониты дробления, метасоматические (вторичные) кварциты и т. п. Однако петрогенетический подход позволяет фиксировать только качественное своеобразие выделяемых классов пород. При этом нужно обратить внимание на то, что построение классификации в этих случаях часто оказывается самоцелью; классификационный результат трудно поддается или вовсе не поддается дальнейшей интерпретации из-за недостаточной конкретности представления о породообразующем процессе.

Таким образом, нельзя ограничиваться только соотношением горной породы с тем или иным петрогенетическим процессом в целом. Следует использовать показатели, дета-

лизирующие процесс и его условия (см. схему 1), — именно среди этих показателей можно найти универсальные. Оценка петрогенетических признаков, как и непосредственно фиксируемых, также возможна в качественной, порядковой, иногда количественной шкалах.

Фактор исходного вещества уже принято учитывать для любых горных пород. Понятие исходного вещества, по-видимому, целесообразно расчленить с помощью подчиненных понятий петрофонда¹², минерафонда, хемофонда. В первом случае источники вещества породы рассматриваются на породном уровне (какие исходные породы и в каких отношениях послужили материалом для ее образования), во втором — на минералогическом (исходная совокупность и соотношение минералов), в третьем — на химическом (совокупность и соотношение химических компонентов в породообразующей системе — породах, минералах, расплавах, растворах, флюидах, организмах). Универсальные вводы в классификацию могут выражать доленое участие классов или группировок исходных пород, минеральных видов, химических компонентов в породообразующей системе.

Факторы химической среды петрогенеза могут учитываться при классификации всех тех пород, в образовании которых участвуют химические реакции. Для пород, образованных с участием водных растворов, как известно, используется рН (для хемогенных осадочных и биохимических пород, диагенетически измененных пород, гидротермальных метаморфитов, жильных пород и руд). Для них же и для магматических пород используются окислительно-восстановительные параметры. Последние в принципе пригодны и для изучения твердофазных взаимодействий, т. е. являются универсальными.

Генетико-термодинамические параметры (температура, давление, энергия) характеризуют образование практически всех пород. Термобарические показатели, в том числе количественные, широко применяются для анализа пород магматических, метаморфометасоматических, гидротермальных, а в последние годы широко внедряются в литологические исследования. Энергетические оценки пока имеют в основном порядковый характер. Представляют интерес показатели

¹² Термин «петрофонд» был введен для обозначения совокупности породных источников материала при образовании геологических формаций, но нет очевидных препятствий для применения этого термина также по отношению к породам (см.: **Осадкообразование и полезные ископаемые вулканических областей прошлого. Т. 1. Осадкообразование.** — М., 1968).

удельных энергозатрат на образование породы, свободной энергии и энергии активации, которые применимы также для изучения всех пород. Энергия активации, например, может быть оценена для таких разнородных петрогенетических процессов, как механическое разрушение, растворение, течеание, ликвация, химические реакции, замещение, кристаллизация из растворов и расплавов. Классификация пород по энергетическим параметрам позволит получить важные сравнительные данные о всем земном ряде горных пород, целостное представление о вещественно-энергетических потоках в системе петрогенеза. К сожалению, всем комплексом генетико-термодинамических характеристик породного ряда пока интересуются в основном непетрографические дисциплины — геофизика (геодинамика), геохимия, гидрогеология (с точки зрения системы вода — порода)¹³.

Петрологические механизмы теперь уже известны в большом многообразии, но и среди них выделяются некоторые широко действующие и универсальные. Так, последовательная кристаллизация минералов от менее растворимых к более растворимым (избыточная кристаллическая фаза — надэвтектические котектики — конечный эвтектоид) свойственна магматическим породам, гидротермальным, эвапоритам. Для всех пород, кристаллизующихся из флюидов и расплавов, характерен механизм кислотно-основного взаимодействия компонентов. Под влиянием работ Д. С. Коржинского¹⁴ этот механизм широко учитывается (пока главным образом на качественном и порядковом уровнях) при классификации пород магматических, метаморфических, гидротермальных. Учет этого механизма важен, помимо всего прочего, с точки зрения концентрации в породах элементов-примесей, которые могут иметь промышленное применение. Остается актуальной разработка унифицированных валовых показателей основности-кислотности пород.

Показателями универсальных общепетрологических механизмов, с помощью которых можно охарактеризовать любую горную породу, являются фракционирование (дифференциация) и смешение. Термин «дифференциация» используется давно, хотя в руководствах по петрографии часто он понимался неконструктивно, как замена термина «эволюция», обозначающего суммарный механизм образования лю-

¹³ См.: Основы гидрогеологии. Геологическая деятельность и история воды в земных недрах. — Новосибирск, 1982.

¹⁴ См., например: Коржинский Д. С. Теоретические основы анализа парагенезисов минералов. — М., 1973.

бой новой порции породы. Многие десятилетия не находила признания и принципиальная роль смешения в петрогенезе. Лишь в последних фундаментальных работах по магматическим и осадочным породам¹⁵ эта роль ясно подчеркнута и использовано единое наименование данного механизма — «интеграция». Следовательно, среди горных пород следует выделять породы — фракционаты (или дифференциаты) и интеграты (или миктиты). Дополнительно может быть выделен класс фракционно-нейтральных пород (изохимические метаморфиты, гранитовые аркозы и т. п.). Кроме этих качественных, возможно выделение порядковых и количественных подразделений, учитывающих относительную роль фракционирования и смешения в образовании породы. Переход к количественным шкалам, как и в других подобных случаях, требует надлежащих формализации классов и процедуры оценок.

Фракционирование состоит в том, что образующаяся горная порода R включает в себя только часть исходного материала P , входящего в порообразующую систему (расплав, суспензию, раствор, твердофазную смесь), причем непременно такую часть, где относительное содержание какого-либо компонента x_R отличается от его содержания x_P в исходной массе. Поэтому фракционирование всегда следует рассматривать относительно определенных компонентов, одного или нескольких, — ими могут быть и так называемые порообразующие, и примесные компоненты. Фракционируемые компоненты могут быть химические (элементы, окислы, другие соединения), минеральные (частицы, классифицируемые по минеральным видам), породные (фрагменты, выделяемые по разновидностям пород, например в эруптивных брекчиях, конгломератах), биогенные (остатки, связанные с разнообразными биологическими видами) и др. Гранулометрическое фракционирование (в терригенных осадках) заключается в том, что в образующейся породе относительная доля каких-либо гранулометрических компонентов (в данном случае — классов частиц, выделяемых номинально) отличается от доли их в исходной терригенной массе.

Порода фракционно-нейтральна, если для нее удастся установить равенство $x_R = x_P$. Для отнесения породы к фракционатам следует установить неравенство $x_R \neq x_P$, причем $x_R > x_P$ отвечает обогащению компонентом, $x_R < x_P$ — обеднению.

¹⁵ См.: Эволюция изверженных пород.— М., 1983; Справочник по литологии.

Чтобы отнести породу к фракциям или фракционно-нейтральным породам, требуется знание или обоснованное предположение о составе исходного материала. Часто может оказаться достаточным качественное представление о нем. Так, природные водные растворы всегда поликомпонентны, поэтому любая однокомпонентная или почти однокомпонентная порода (например, хемогенный силицилит) является фракционом. Исходные обломочные массы полиминеральны, поэтому кварцито-песчаник наиболее вероятно является фракционом. Порода может быть отнесена к классу фракционов также по соображениям стехиометрии состава, т. е. соответствию состава породы отдельному минералу, эвтектике и т. п. В более сложных случаях необходимы более точные данные о составе исходного материала.

Для отнесения породы к миктитам надо установить результирующую действия двух и более породообразующих систем, которые потенциально были способны образовать разные породы R_1, \dots, R_n . Содержание любого компонента в миктите отвечает средневзвешенному его содержанию в последних: $x_R = (ax_{R_1} + \dots + mx_{R_n}) / (a + \dots + m)$. Смешение ведет, таким образом, к усреднению содержаний каждого компонента.

Известковистый песчаник, или мергель, должен быть отнесен к миктитам, если состоит из терригенной алюмосиликатной фракции и аутигенной (хемогенной, биохемогенной) фракции карбоната кальция. Однако, если обе фракции терригенны, порода может оказаться фракционно-нейтральной либо фракционом. Миктит может быть сформирован «одноактно» или путем последовательного совмещения гетерогенных продуктов в одном объеме (седиментационно-диагенетические миктиты, магматические или осадочные породы с частичным метасоматическим замещением и т. п.).

Как видно, с помощью приведенных выше простых математических моделей и с учетом содержательных соображений возможно по крайней мере приближенное отнесение пород к рассмотренным классам, а также выделение пород смешанной природы.

Фациальная принадлежность породы выражается в тех или иных показателях, соответствующих геологическим условиям образования. Универсальным показателем является глубинность, которая сопряжена с термодинамическими параметрами (температура, давление), окислительно-восстановительным потенциалом, составом флюидной среды, минеральным составом, плотностью и пористостью пород и т. д.

Оценки глубин формирования пород являются в основном порядковыми. По-видимому, могут иметь универсальный классификационный смысл некоторые оценки размеров элементарных геологических тел, включающих горные породы.

Формационная принадлежность горной породы определяется тем, в ассоциацию (формацію) какого типа эта порода входит. Формационный аспект классификации горных пород неоднократно изучали Н. С. Шатский, Ю. А. Кузнецов, В. И. Попов и многие другие исследователи. Было показано, что породы, относимые к одному и тому же вещественно-структурному классу (например, граниты), могут принадлежать к качественно разным типам породных ассоциаций. Здесь мы рассмотрим лишь один, нетрадиционный подход к оценке вхождения пород в породную ассоциацию. Он представляет собой обобщение популяционно-видового подхода, апробирован на магматических породах¹⁶ и, на наш взгляд, применим ко всем горным породам. Отправные моменты этого подхода заимствованы из биологии, где многоцелевая основная систематика объектов построена на популяционно-видовом принципе. Постепенно осознается правомерность подобного подхода при анализе других образований природы, вплоть до элементарных физических частиц. Можно предположить, что базисной таксономической единицей любых природных (а также и искусственных) образований является видовая популяция.

Обобщенно видовую популяцию можно представить как совокупность повышено-сходных образований (индивидов) со специфическим механизмом воспроизведения. Обязательным компонентом этого механизма является наличие фиксированного кода воспроизведения, представляющего собой специфическую, стандартную для данной видовой популяции информационную структуру, в соответствии с которой строится каждый индивид этой популяции. Видовая популяция (популяция-вид) определяется наличием глобально устойчивых качественных или постоянных количественных свойств — таких, которые необходимы для формирования и существования любого ее индивида. Это, например, приспособленность к внутривидовому воспроизведению потомства у живых организмов, одинаковое сочетание одинаковых дискретных величин заряда и массы у всех электронов и т. п. Кроме того, популяция-вид выделяется среди других популяций наличием своих глобальных мод (максимумов) по пере-

¹⁶ См.: Белоусов А. Ф., Кривенко А. П., Полякова З. Г. Вулканические формации. — Новосибирск, 1982.

меньшим количественным значениям тех или иных признаков (состава, структуры, функциональных). Ввиду трудностей оценки точных значений признаков, степени «жесткости» кода, степени влияния других условий формирования и существования индивидов, выделенная глобальная популяция может оказаться лишь квазивидовой. Однако видовые и квазивидовые популяции отличаются от упоминавшихся выше псевдовидовых единиц тем, что они выражены наличием глобальных максимумов и проверены с точки зрения специфической для каждой из них модели механизма и кода воспроизведения.

Установлено, что к небольшому числу квазивидовых популяций (породных групп) сводится разнообразие обычных магматических пород, в частности вулканических¹⁷. Каждая из породных групп опирается на определенную дискретную часть упорядоченной по степени плавкости цепи магмо- и пороодообразующих минералов, выполняющую функции кода воспроизведения. Породные группы опираются в основном на полиминеральные (котектические, эвтектические) участки цепей. Каждая породная группа имеет свои глобальные петрохимические максимумы. Задача классификации после принципиального выделения этих естественных классов состоит в отнесении проб пород к той или иной породной группе. Для большинства пород задача решается сравнительно просто с помощью качественных или одномерных количественных оценок. Для «промежуточных» пород, попадающих на интервал пересечения (перекрытия) распределений породных групп, применимы методы многомерного разделения (дискриминантные функции, динамический кластер-анализ, распознавание образов). Например, андезиодациты, дациты могут быть подразделены на базальтоидные и ацидитовые (кислые).

Несомненно, весьма интересный объект для популяционно-видовой классификации представляют осадочные породы. Прежде всего, здесь отмечается три квазивидовые популяции терригенных пород, господствующих в осадочной оболочке: псефопсаммитовая, основанная на механизме волочения, и две лютитовые, основанные на механизмах сальтации и суспензионного переноса¹⁸. Довольно много видовых популяций образуют другие осадочные породы — фракционаты, которые опираются на кодовые структуры в виде фиксирован-

¹⁷ См.: Белоусов А. Ф., Кривенко А. П., Полякова З. Г. Вулканические формации.— Новосибирск, 1982.

¹⁸ См.: Романовский С. И. Седиментологические основы литологии.

ных химических соединений, организмов, стехиометрических комбинаций минералов (соединений).

Показательно глобальное бимодальное распадение составов обычных карбонатных пород¹⁹: одна мода заведомо базируется на структуре соединений CaCO_3 , другая — CaMgCO_3 . На популяционно-видовом принципе может разрабатываться и систематика пород эвапоритовой сери, остаточных продуктов химического выветривания, осадочных руд.

Популяционно-видовая схема систематики позволит более строго подойти к анализу проблем «самостоятельности» пород, «смешанных» и «переходных» пород, конвергенции пород. Эти проблемы часто упоминаются в петрографии и петрологии, но пока не решаются, так как не поставлены на логически четкую модельную базу. Поэтому необходимо усилить внимание к общепетрографическим вопросам систематики горных пород, разработке унифицированных классификационных подходов, параметров и номенклатуры.

ПРИНЦИПЫ КЛАССИФИКАЦИИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ТЕЛ

В. А. СОЛОВЬЕВ, д-р геол.-мин. наук

Одним из основных понятий в геологии является понятие геологического тела, фундаментальное значение которого впервые отметил В. И. Вернадский¹. Подчеркнуть заслуги В. И. Вернадского необходимо потому, что его идеи относительно роли фундаментальных понятий в науке долгое время оставались в забвении. Лишь в 60-х гг. их воскресили геологи-тектонисты, когда обратились к разработке системы понятий своей науки. Но имя В. И. Вернадского в первой статье по этому вопросу почему-то не упомянуто². Историческую действительность восстановили В. И. Драгунов³ и И. В. Круть⁴.

Осознав фундаментальность понятия «геологическое тело», исследователи стали задаваться другими вопросами: что представляет собой мир геологических тел, как он организовать, какова роль литологии, стратиграфии, тектоники и ме-

¹⁹ См.: Гаррелс Р., Маккензи Ф. Эволюция осадочных пород.

¹ См.: Вернадский В. И. Проблемы биогеохимии.— М., 1980.

² Косыгин Ю. А., Воронин Ю. А., Соловьев В. А. Опыт формализации тектонических понятий.— Геол. и геофиз., 1964, № 1.

³ Драгунов В. И., Айнемер А. И., Васильев В. И. Основы анализа осадочных формаций.— Л., 1974.

⁴ Круть И. В. Введение в общую историю Земли.— М., 1978.

таллогении в изучении тел разного ранга? Приоритет в постановке и решении этих вопросов принадлежит советским ученым — среди литологов В. И. Попову, среди тектонистов А. А. Богданову, среди металлогенистов Э. И. Кутыреву и Д. В. Рундквисту, среди стратиграфов А. М. Садыкову. Попытка ответить на данные вопросы привела к построению иерархии геологических тел и определению уровней организации геологического вещества. В 70-х гг. разработкой иерархии геологических тел активно занимались Н. Б. Вассоевич, О. А. Вотях, В. И. Драгунов, В. Ю. Забродин, Ю. Н. Карагодин, В. А. Кулындышев, В. А. Соловьев и др. Исходными принципами при построении такой иерархии послужили принцип системности и принципы элементарной ячейки и периодичности⁵.

Принцип системности. Первый опыт системного подхода к геологическим телам осуществлен Е. С. Федоровым, которому на основе этой идеи удалось построить систематику пространственных групп симметрии кристаллов и открыть 230 их видов. Затем к системному подходу геологи обратились в связи с методологическими проблемами, возникшими в науках о Земле. Оправданным оказалось выделение трех типов геологических систем: статических, динамических и ретроспективных⁶. При этом к статическим природным системам были отнесены минералы, породы и геотформации, т. е. тела разных рангов и иерархий. Для того чтобы представить эти тела как системы, необходимо было показать, что они имеют все признаки статических систем: целостность, дискретность, повторяемость и эмерджентность. Если принять, что каждое тело должно быть охарактеризовано составом и свойствами, структурой и формой, то целостность тела определяется его непрерывностью и связностью в пределах данной конфигурации. Дискретность проявляется в наличии резких границ, при переходе через которые качественно изменяются характеристики состава и структуры. Повторяемость заключается в том, что тела не уникальны в своем роде, а многократно встречаются в разных частях пространства, сохраняя общность своих фундаментальных характеристик в пределах вида и незначительных колебаний их в пределах индивида. Эмерджентность — это несводимость

⁵ См.: Иерархия геологических тел.— Хабаровск, 1977; Геологические формации, т. 1, 2.— М., 1979; Рудные и рудоносные формации.— М., 1982.

⁶ См.: Косыгин Ю. А., Соловьев В. А. Статистические, динамические и ретроспективные системы в геологических исследованиях.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1969, № 6.

свойств тел данного ранга к свойствам составляющих их тел более низкого ранга.

Следует отметить, что этими признаками системности обладают не любые тела, а только «естественные» (в понимании В. И. Вернадского). Действительно, в практике геологосъемочных работ приходится наносить на карту и такие тела, у которых границы проводятся не по скачкообразному изменению фундаментальных характеристик (состав и свойства, структура и форма), а по постепенному изменению какого-либо признака (цвет, процентное содержание компонента, размерность зерен). Это так называемые «условные», или «целевые», тела в том смысле, что существование и выделение их обусловлено целями картирования. Намечается тенденция придать целевому подходу всеобъемлющий характер и отвергнуть естественный подход как методологический архаизм⁷. По мнению сторонников целевого подхода, в природе не существует независимых от видения исследователя тел. Исследователь сам выбирает объекты, причем их объем и содержание определяются только целями работы. Однако сами сторонники целевого подхода не могут обойтись и без понятия «минерал», и без понятия «порода», т. е. следуют тому естественному ходу познания, который проверен практикой и не может быть опровергнут никакими формально-логическими приемами. Использование принципа системности при построении иерархии геологических тел еще раз убеждает нас в правомерности естественного подхода, намеченного еще В. И. Вернадским.

Принципы элементарной ячейки и периодичности. Мир геологических тел располагается в общей иерархии между микромиром и макромиром и поэтому может быть назван мезомиром. Каждый из миров представляет собой особый уровень организации вещества, на котором действуют специфические законы системообразования. В микромире действуют физико-химические законы, и соответственно он может называться физико-химическим уровнем организации. В макромире действуют астрофизические законы, и соответственно он может быть назван астрофизическим уровнем. Следуя этой логике, мезомир надо называть геологическим уровнем организации, если в пределах его действуют свои законы системообразования. О мезомире мы знаем пока гораздо меньше, чем о микро- и макромире, если сравнивать

⁷ См.: Воронин Ю. А., Еганова-И. А., Еганов Э. А. Анализ концепции уровней организации вещества в теоретической геологии. — Новосибирск, 1975.

знания по уровню развития теории структур тел каждого из миров. Однако в последнее время появились интересные идеи относительно структур геологических тел, позволяющие надеяться, что мезомир действительно представляет собой самостоятельный уровень организации вещества. Плодотворность этих идей дает нам основание выдвинуть их в качестве методологических принципов геологии.

Что это за идеи? Зарождение их связано с дискуссией о количестве рангов тел в пределах мезомира. То, что иерархия геологических тел должна начинаться с минералов, почти общепризнано. Уже давно четко обозначился породный ранг тел, во всех иерархиях фигурирует геосферный ранг, а вот количество рангов тел между породами и геосферами неодинаково у разных исследователей. Очевидно, это обусловлено тем, что до сих пор доминировала примитивная идея построения иерархии, которая заключается в том, что каждый последующий ранг устанавливается путем формирования тел предыдущего ранга по простой схеме: из химических элементов слагаются минералы, из минералов — породы, из пород — геотформации и т. д. Под эту схему подгонялся эмпирический материал, и там, где он оказывался богатым, сходимость результатов у разных исследователей была хорошей, но там, где относительный уровень развития теории структур тел был ниже, например в геотформациологии и геотектонике, появлялись и наибольшие расхождения. В этой ситуации выход был найден в совершенствовании интерпретации явления перехода вещества от одного ранга тел к другому. Рассмотрим это на примере построенной нами иерархии геологических тел, которая образует следующий ряд рангов: минералы — породы — геотформации — геокмплексы — геосферы⁸.

За границами мезомира перед минералами располагаются химические элементы, а после геосфер — солнечные системы. Новая методологически плодотворная интерпретация явления перехода вещества от одного ранга к другому родилась в результате достижений в области познания структур минералов и пород. Оказалось, что скачкообразный переход от химических элементов к минералам обусловлен не простым суммированием химических элементов, а группированием их по определенным законам структурообразования в элементарные ячейки. Последние представляют собой тот мини-

⁸ См.: Забродин В. Ю., Кулындышев В. А., Соловьев В. А. и др. Естественные тела и проблема объекта в геологии. — В кн.: Методологические и философские проблемы геологии. Новосибирск, 1979.

мальный объем вещества, в пределах которого еще сохраняются свойства минерала как тела данного ранга. Расширить понятие элементарной ячейки до понятия кристалла можно, если учесть еще один закон структурообразования — закон периодичности. Кристалл — это уже система с периодически повторяющимися в рамках ее конфигурации элементарными ячейками. Итак, минерал как вещество достаточно охарактеризовать свойствами симметрии его элементарной ячейки, но минерал как тело требует более полной структурной характеристики, учитывающей также периодичность и симметрию формы тела.

После того как была установлена эта особенность перехода от химических элементов к минералам, встал вопрос о возможности ее проявления и в переходе между другими рангами тел. В частности, аналогичная идея относительно перехода от минерала к породе была высказана Ю. А. Косыгиным⁹, относительно перехода от породы к формации — В. И. Драгуновым¹⁰ и В. И. Громиным¹¹. В отношении рудных объектов идея элементарной ячейки и периодичности развивалась Р. А. Гордеевым¹² и Э. И. Кутыревым¹³. В своеобразной форме использовал эту идею О. А. Вотях¹⁴, выделив ранги тел, характеризующиеся «направленностью развития» (элементарные ячейки, в нашем понимании), и ранги тел, характеризующиеся «циклическостью развития» (собственно ранги). Для осадочных тел наиболее интересные результаты воплощения идеи цикличности принадлежат Н. Б. Вассоевичу¹⁵ и Ю. Н. Кароgodину¹⁶. Нами идея элементарной ячейки и периодичности в структуре осадочной

⁹ См.: Косыгин Ю. А. Понятие структуры в геологических исследованиях.— Геол. и геофиз., 1970, № 4.

¹⁰ См.: Драгунов В. И., Айнемер А. И., Васильев В. И. Основы анализа осадочных формаций.

¹¹ См.: Громин В. И. О структурах геологических формаций.— В кн.: Вопросы общей и теоретической тектоники. Хабаровск, 1974.

¹² См.: Гордеев Р. А. Проблема иерархии рудных объектов и вопросы прогнозирования.— В кн.: Методология геологических исследований. Владивосток, 1976.

¹³ См.: Кутырев Э. И. Планетарная металлогения в свете палеорекоkonструкций.— В кн.: Металлогения и новая глобальная тектоника. Л., 1973.

¹⁴ См.: Вотях О. А. Структурные элементы Земли.— Новосибирск, 1979.

¹⁵ См.: Вассоевич Н. Б., Меннер В. В. Системные уровни организации сообществ осадочных пород.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1978, № 11.

¹⁶ См.: Кароgodин Ю. Н. Седиментационная цикличность.— М., 1979.

оболочки была использована применительно к переходу от геокомплексов к геосфере для предсказания структуры оболочки океанических областей¹⁷. Примеры плодотворного развития идеи элементарной ячейки и периодичности можно было бы продолжить.

Действенность предлагаемых принципов всегда проверяется устойчивостью результатов, полученных на основе их применения. На принцип системности и принципы элементарной ячейки и периодичности мы опирались при построении пятиранговой иерархии геологических тел. Со времени первой публикации результатов прошло 10 лет — срок, достаточный для конструктивной критики или появления другой «конкуренспособной» иерархической системы. Однако ни то, ни другое не наблюдается. Сознвая, что оптимизм может оказаться преждевременным, нам хотелось бы самим обратить внимание на те моменты, которые могут вызвать наибольшие расхождения в интерпретации. Прежде всего это касается переходов от пород к геотформациям и от геотформаций к геокомплексам.

Можно предвидеть две причины возникновения споров. Первая связана и с недостаточным количеством эмпирических данных о структуре этих тел, и, как следствие, со слабой разработанностью теории структур. Эмпирические данные по геотформациям и геокомплексам продолжают накапливаться, но в большей степени они относятся к их свойствам и составу, чем к структуре и форме. Таким образом, две наиболее важные для построения иерархии характеристики выпадают из поля зрения исследователей. Вторую причину можно назвать «психологической». Действительно, ни у кого не возникает сомнений в достоверности идеальных моделей структур химических элементов и минералов, хотя известно, что реальная картина далека от этих моделей. Параметры структур данных объектов настолько малы, что отклонения от них в этом масштабе представляются незначительными. Что же касается идеальных моделей структур пород и формаций, то, имея возможность наблюдать эти объекты невооруженным глазом, мы видим изъяны идеального моделирования и просто психологически не принимаем упрощения действительности. При этом мы забываем, что абстрагирование как раз и заключается в преодолении барьера сомнений и в способности увидеть во многообразии разновидностей пород и формаций то общее, что объединяет их в виды. Такой средний диапазон размерностей тел породного и формацион-

¹⁷ См.: Соловьев В. А. Тектоника континентов.— Хабаровск, 1975.

ного рангов оказывается наиболее трудным для преодоления «страха» перед идеализацией, хотя необходимость ее очевидна каждому. Интересно, что при переходе к очень крупным рангам тел этот «страх» опять исчезает, и в этом легко убедиться, обратившись к «смелым» построениям тектонистов, связанным с расшифровкой структур геоконплексов, геосферы и тем более планет.

Однако какие бы трудности построения иерархии геологических тел ни выявлялись, почти все исследователи признают необходимость преодоления их, подчеркивая большое научное и практическое значение иерархической системы тел. Думается, что такая система может стать теоретической основой геологии, а также базой для решения многих других вопросов. В частности, тектонистам удалось упорядочить знания по дизъюнктивной тектонике, выделив в соответствии с пятиранговой иерархией тел и пятиранговую иерархию дизъюнктивов, парующих эти тела. Металлогенисты пытаются привести в соответствие с данной системой свои объекты и выделяют также пятиранговую иерархию: рудный минерал — рудная порода (руда) — рудная формация — рудный комплекс — рудная сфера. Стратиграфы делают попытки сопоставления своих объектов с телами иерархической системы. Думается, что иерархия тел существенна для геохимии и геофизики, поскольку очень важно определить, какого ранга тела характеризуются наблюдаемыми химическими и физическими свойствами. Наконец, нельзя упускать из вида и дидактическое значение иерархии как основы для преподавания курсов общей геологии, геотектоники и геокартирования.

Мы далеки от мысли, что с достаточной убедительностью и полнотой нам удалось отстоять предложенную иерархическую систему тел. Цель статьи иная — привлечь внимание к принципам построения систематики тел.

О ПРИНЦИПАХ КЛАССИФИКАЦИИ ОСАДОЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ (НА ПРИМЕРЕ ВЕРХНЕМЕЛОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ БОЛЬШОГО КАВКАЗА)

С. Л. АФАНАСЬЕВ, канд. геол.-мин. наук

Осадочные образования обычно классифицируются как по качественным, так и по количественным признакам. Многие классификации построены с учетом двух, трех или более компонентов. Начальные классификации часто бывают формальными или формализованными. По мере развития лито-

Классификация обломочных

Средний линейный размер	Группа пород	Подгруппа пород	Обломки (частицы)				
			угловатые	окатанные			
1 км	Обломочные	Грубо-Обломочные	Одностолиты Щефты	Отторженцы			
100 м				Утесы			
10 м		Крупно-Обломочные		Глыбы	Глыбы		
1 м				Отломы	Валуны		
100 мм				Средне-зернистые	Щебень	Галька	
10 мм							Дресва
1 мм		Мелко-зернистые			Зерна	Песчинки	
100 мк				Пылинки			
10 мк				Частицы		Пелит	
1 мк						Субколлоидные частицы	
100 нм	Коллоидные частицы						
10 нм	Тонкодисперсные	Коллоиды					

логии последние замечаются генетическими классификациями, которые иногда строятся на основе анализа кучности распределения тех или иных признаков. При этом границы между классами (подклассами) выделяются по дефицитам изучаемых признаков, хотя большинство первых пока проводится условно, «по договоренности», по принципу «золотого гвоздя». Подкрепим сказанное примерами.

Классификация компонентов осадочных пород может быть построена на генетической (обломочный, биогенный,

пород по размеру обломков (частиц)

Рыхлые породы		Сцементированные породы					
сложенные угловатыми обломками (частицами)	сложенные окатанными обломками	сложенные угловатыми обломками (частицами)		сложенные окатанными обломками			
Глыбы (глыбник)		Пескофолиты	Олистостромы	Брекчии	Конгломераты	Глыбовый конгломерат	
Отломник	Валунник					Валунный конгломерат	
Щебень	Галечник					Конгломерат (галечный)	
Дресва	Гравий					Дресвяник	Гравелит
Песок						Псаммолит (песчаник)	
Алеврит		Алевролит					
Пелит (глина)		Пелитолит (уплотненная глина, аргиллит)					

хемогенный материал, близкая восточная, далекая западная суша и др.) и на количественной (псаммитовая, алевроитовая, пелитовая структурные группы компонентов) основе¹.

¹ См.: Ханн В. Е., Афанасьев С. Л., Борукаев Ч. Б., Ломизе М. Г. Основные черты структурно-фацальной зональности и тектонической истории Северо-Западного Кавказа (в связи с перспективами нефтегазоносности). — В кн.: Геология Центрального и Западного Кавказа. М., 1962, с. 5—46.

Классификация обломочных пород по гранулометрическому составу² обычно строится на метрической основе (табл. 1) с границами $10^{n/3}$ м, где $n = -24, -23, \dots, 8, 9$, причем $10^{1/3} = 2,154$ целесообразно округлить до 2 (но не до 2,5), а $10^{2/3} = 4,642$ — до 5. Ограничение $n < 3$ распространяется на ортообломочные породы (конгломераты и др.), но не на олистолиты, размер которых изменяется в более широких пределах: 10—100 м — олистолиты-утёсы, 100—1000 м — олистолиты-отторженцы⁴, в том числе олистотриммы и олистоплаки⁵. За границу алевролита и песчаника для шельфовых отложений обычно принимается 0,062 мм. Среди пород верхнемелового флиша Большого Кавказа эта граница примерно соответствует 0,1 мм⁶. Во флише обломочные породы с размером частиц 2—20 мкм образуют единую генетическую совокупность — силты⁷: мелкие (2—5 мкм), средние (5—10 мкм) и крупные (10—20 мкм).

Нам предложена серия классификаций пород ряда известняк — глина по карбонатности⁸. Многие из них построены по принципу «золотого гвоздя». Выделение известняков-натуралов (75—82% CaCO_3) основано на технологическом свойстве: только из таких пород получается без добавок портланд-цемент. Формализованная классификация⁹ построена на статистическом расчете кучности распределения карбонатности пород на основе более чем 20 тысяч анализов. Эта классификация широко используется кавказскими геологами.

Известна серия классификаций слоев по их толщине. Многие из них неполны. Поэтому предлагается (табл. 2)

² Атлас текстур и структур осадочных горных пород, ч. 1.— М., 1962; Афанасьев С. Л. Методика изучения пульситов (циклокомплексов) флишевой формации.— В кн.: Геоцикличность. Новосибирск, 1976, с. 100—117.

³ См.: Атлас текстур...; Мазарович О. А., Чернов В. Г. Верхний гранулометрический предел псефитов.— Бюл. Моск. об-ва испытателей природы. Отд. геол., 1981, т. 56, № 6, с. 53—58.

⁴ См.: Афанасьев С. Л. Методика...

⁵ См.: Richter D. Olisthostrom, Olistholith, Olistothrymma und Olisthoplaka als Merkmale von Gleitung- und Resedimentationsvorgängen infolge synsedimentärer tectogenetischer Bewegungen in Geosynklinealbereichen.— Neues Jahrb. Geol. und Paläontol. Abh., 1973, Bd 143, N 3, S. 304—344.

⁶ См.: Афанасьев С. Л. Методика...

⁷ Геологический словарь.— М., 1978.

⁸ См.: Афанасьев С. Л. К вопросу о классификации глинисто-карбонатных пород.— Изв. вузов. Геол. и разв., 1960, № 8, с. 43—48; Атлас текстур..., ч. 2.— М., 1969.

⁹ См.: Афанасьев С. Л. К вопросу...

Классификация слоев (слоек) по их толщине

Слой (слойки)			
Класс	Подкласс	Нижняя граница	
Килослой	Крупные	10	километры
		5	
	Средние	2	
	Мелкие	1	
Гектаслой	Крупные	500	метры
	Средние	200	
	Мелкие	100	
Декаслой	Крупные	50	
	Средние	20	
	Мелкие	10	
Ортослой	Крупные	5	
	Средние	2	
	Мелкие	1	
Децислой	Крупные	500	миллиметры
	Средние	200	
	Мелкие	100	
Сантислой	Крупные	50	
	Средние	20	
	Мелкие	10	
Миллислой, миллислойки	Крупные	5	
	Средние	2	
	Мелкие	1	

Слой (слойки)		
Класс	Подкласс	Нижняя граница
Децимиллислойки	Крупные	500
	Средние	200
	Мелкие	100
Сантимиллислойки	Крупные	50
	Средние	20
	Мелкие	10
Микрослойки	Крупные	5
	Средние	2
	Мелкие	1

микрометры

формальная классификация, построенная на принципе замены термина «метр» терминами «слой» и «слоёк» (см., например: микрослой, микрослоистость¹⁰): килослой, гектаслой, декаслой, ортослой, децислой, сантислой, миллислой (миллислоёк), децимиллислоёк, сантимиллислоёк, микрослоёк. При этом в каждом классе выделяются подклассы: мелкий (1—2 см), средний (2—5 см), крупный (5—10 см) сантислой и т. д.

Можно предложить следующую формализацию границ между слоем и слойком. Текстурный признак (наклонное залегание слойков в слое) проявляется не всегда. Толщина (слой всегда больше 1 мм; слоёк часто меньше 1 мм) — признак нечеткий, так как известны наклонно залегающие слойки толщиной до 1 м. В качестве «золотого гвоздя» можно принять¹¹ объем тела в 1000 м³. Эта мера делит совокупность объемов слоев и слойков, включающую 16 порядков (10⁻⁵—10¹¹ м³), примерно пополам: восемь порядков (10⁻⁵—10³ м³) слойков и восемь порядков (10³—10¹¹ м³) слоев.

Нами были предложены условные границы¹² между слоем и линзой — по соотношению толщины и ширины геологич-

¹⁰ См.: Геологический словарь.

¹¹ См.: Афанасьев С. Л. Методика...

¹² Там же.

Грубо-, крупно-, средне- и мелкообломочные породы ($d > 10$ мкм, $0 + I' + I$ ЭЦ)		
0 ЭЦ	Оползневые и обвальные брекчии, олистостромы, $d > 1$ мм, $M > 5$ дм	
I' ЭЦ	Конгломераты, $1 \text{ мм} < d < 10 \text{ м}$; песчаники (алевролиты), $10 \text{ мкм} < d < 1 \text{ мм}$, $M \geq 1 \text{ дм}$,	генетически не связанные с II ЭЦ, коэффициент корреляции $r \leq 0$
	Алевролиты (песчаники), $10 \text{ мкм} < d < 1 \text{ мм}$, $M < 1 \text{ дм}$,	
I ЭЦ	Песчаники (алевролиты), $10 \text{ мкм} < d < 1 \text{ мм}$, $M < 1 \text{ дм}$,	генетически связанные с II ЭЦ, образующие с ним аяксы, коэффициент корреляции $r > 0$
	Алевролиты (песчаники), $10 \text{ мкм} < d < 1 \text{ мм}$, $M < 1 \text{ дм}$,	
0 + I' + I ЭЦ, $M = 0$, неполные микроциклиты		

Примечание. Глины, аргиллиты, мергели условно отнесены к тон d — средний размер обломков, зерен, частиц; M — средняя мощность сло C, T, Φ — типы отложений (пород) флишевой формации; ПА — сильноалевономергельный мелкозернистый песчаник (граувакка).

мерных прогибов (обычно $d < 0,4 \text{ м}$, $m < 20 \text{ м}$, $m = 2 - 500 d$, в среднем $m = 60 d$), слои ортообломочных пород генетически не связаны с расположенными над ними слоями силтов, они образуют I' ЭЦ; 3) олистостромы (обычно $d = 0,5 - 400 \text{ мм}$, $m = 5 - 20 \text{ м}$), характерные для бортовых частей и склонов флишевых трогов, — 0 ЭЦ; 4) песчаники и алевролиты, реже мелкие гравелиты ($d = 0,02 - 2 \text{ мм}$, $m = 1 - 5000 \text{ мм}$), образующие простые слои I ЭЦ, генетически связанные с расположенными над ними силтами или граувакками (сильпоглинистыми алевролитами и песчаниками) II ЭЦ (коэффициент корреляции между логарифмами мощности слоев I ЭЦ и II ЭЦ $\rho > 0$), все это характерно для флишевых трогов;

флишевой формации

Мелкообломочные (граувакки) и тонкообломочные породы				Биогенные породы III ЭЦ	Вулканогенные по- роды IV ЭЦ	
II ЭЦ		III ЭЦ				II+III ЭЦ $M=0$
IIХ—А ПЭЦ	IIБ+В ПЭЦ					
Граувакки, алевропелиты, $1 \text{ мм} < d < 10 \text{ мкм}$, $M \geq 5 \text{ дм}$	Мергели, аргиллиты, глины					
	алеврритистые, $10 \text{ мкм} < d < 2 \text{ мкм}$, $M < 5 \text{ дм}$	безалеврритистые, $d < 2 \text{ мкм}$				
$D + P$	$D + C$	$D + L$	D	Б	В	
$З + P$	$З + C$	$З + Л$	$З$			
$T + P$	$T + C$	$T + Л$	T			
Γ	Φ	—				
P	C	L	$B + B$			

кообломочным породам.

ев; ЭЦ (ПЭЦ) — элемент (подэлемент) микропиклита; Б, В, Г, Д, З, Л, Р, ритистый аргиллит (мергель) или алевролит; IIХ — сильноглинистый (силь-

5) силты ($d = 2-20 \text{ мкм}$, $m = 0,02-2 \text{ м}$) и граувакки ($d = 0,02-0,5 \text{ мм}$, $m = 2-5 \text{ м}$) — II ЭЦ, характерные для всех типов прогибов. Сочетания слоев 4-го и 5-го типов образуют двуединные слои, или аяксы, по которым (в основном) флишевые отложения отделяются от нефлишевых.

Уравнения линий главных последовательностей таковы: $EM - \lg m = (0,49 \pm 0,10t)(\lg d + 3,33)$, $AE - \lg m = 0,073 \times (\lg d - 2,76)^2 + 3,71 \pm 0,15t$, $BE - \lg m = \lg d - 1,25 \pm 0,54t$, $BA - \lg d = 0,73th (1,02 \lg m - 1,19) + 1,99 \pm 0,34t$, $BA - \lg m = 3,71 - 0,255(\lg d - 2,67)^2 \pm 0,26t$, где m — толщина слоя (мм), d — размер частиц, зерен, обломков, олистолитов (мкм), t — квантиль нормального распределения. Особые

точки: *A* ($d = 0,5$ мм, $m = 5$ м), *B* ($d = 20$ мкм, $m = 1$ мм), *B* ($d = 1$ мкм, $m = 80$ мм), *E* ($d = 0,4$ м, $m = 20$ м), *M* ($d = 1$ мкм, $m = 1$ км).

Граница между силтами II ЭЦ и тонкими пелитолитами III ЭЦ (между градациями *e* и *f*, по Хессу¹⁷), соответствующая рубежу между обломочными отложениями мутьевых потоков и биогенными образованиями (и продуктами их растворения), проведена по содержанию обломков кварца и полевых шпатов менее 0,36% в бескарбонатной части породы, на основании анализа размеров и содержания обломков в 500 шлифах пород II ЭЦ и III ЭЦ верхнемеловых отложений Большого Кавказа. Для пород III ЭЦ, а также для вулканогенных килов IV ЭЦ характерен вычисленный средний размер зерен кварца и полевых шпатов, т. е. 15—20 мкм. В отношении пород II ЭЦ выявлена функциональная связь между средним размером зерен и их содержанием в бескарбонатной части породы.

Генетические типы пород флишевой формации (табл. 3) выделяются на базе указанных шести элементов циклитов (0 ЭЦ, I ЭЦ, I' ЭЦ, II ЭЦ, III ЭЦ и IV ЭЦ) с дополнительным разделением: а) ортообломочных пород I' ЭЦ — на грубые ($d \geq 0,1$ мм, или $m \geq 10$ см, индекс *З*) и топкие ($d < 0,1$ мм, $m < 10$ см, *Т*); б) силтов и граувакк — на грубые (II ЭЦ ≥ 50 см, *P*) и тонкие (II ЭЦ < 50 см, *C*); в) аяксов — на грубые (I ЭЦ ≥ 10 см или II ЭЦ ≥ 50 см, *Г*) и тонкие (I ЭЦ < 10 см и II ЭЦ < 50 см, индекс *Ф*); г) пород III ЭЦ — на преимущественно биогенные ($\text{CaCO}_3 \geq 50\%$, *В*) и лютитовые, т. е. продукты их растворения ($\text{CaCO}_3 < 50\%$, *Л*). Обвальные, оползневые брекчии и олистостромы объединяются в одну группу — 0 ЭЦ (индекс *Д*).

Статистический анализ связи между десятью указанными типами пород флишевой формации позволил установить «родственные отношения» между ними (рис. 2): а) аяксы тесно связаны с олистостромами 0 ЭЦ, которые иногда расклинивают I ЭЦ и II ЭЦ; б) краевые фации сочетания I ЭЦ + 0 ЭЦ + II ЭЦ — обвальные, оползневые брекчии и олистостромы 0 ЭЦ, а также грубые и топкие силты II ЭЦ (без I ЭЦ) — характерны для начальных и конечных стадий рассортировки обломочного материала (рис. 3) мутьевых потоков, встречаются не только и, пожалуй, не столько во флишевых трогах, сколько в смежных с ними временных и эфе-

¹⁷ См.: Hesse R. Turbiditic and non-turbiditic mudstone of Cretaceous Flysch section of East Alps and other basins.— *Sedimentology*, 1975, v. 22, p. 387—416.

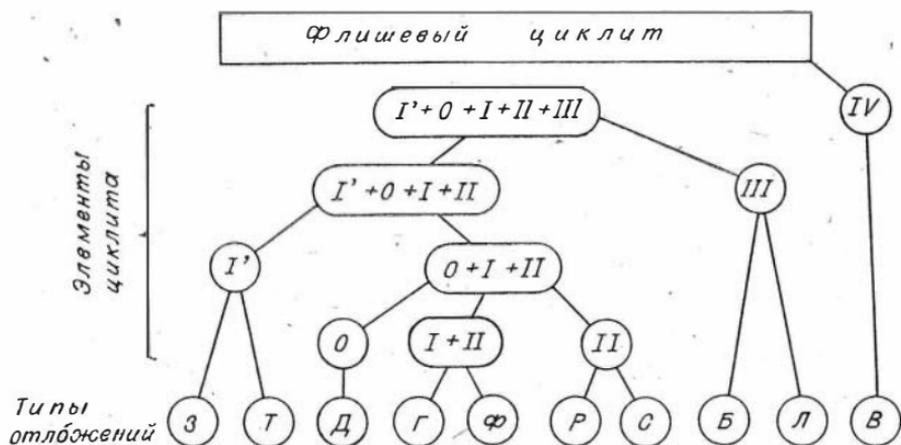


Рис. 2. Типы отложений.

Ф, Г — тонкий и грубый флиши соответственно; С, Р, Т, З — неаяксовые отложения: тонко- и грубосилтовые, тонко- и грубозернистые соответственно; Б, Л, В — биогенные, лютитовые, вулканогенные образования; Д — обваль-ные, оползневые, олистратомовые образования.

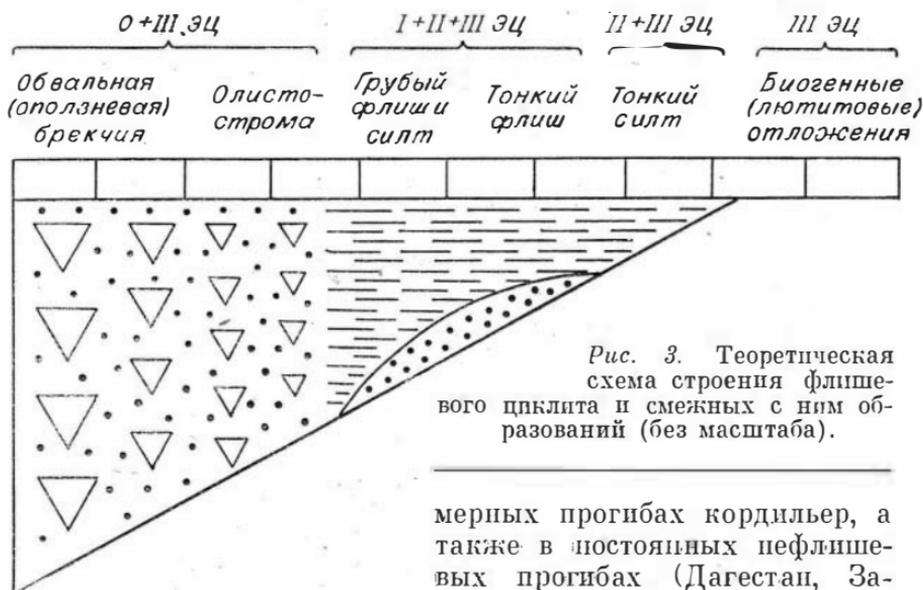


Рис. 3. Теоретическая схема строения флишевого цикла и смежных с ним образований (без масштаба).

мерных прогибах кордильер, а также в постоянных нефлишевых прогибах (Дагестан, Закавказский средний массив); в) группа обломочных пород включает в себя также ортообломочные образования сложных слоев I'ЭЦ (З и Т), характерных больше для нефлишевых прогибов; г) обломочные образования («тезис» Гегеля) дополняются (см. рис. 3) преимущественно биогенными породами (Б) и продуктами

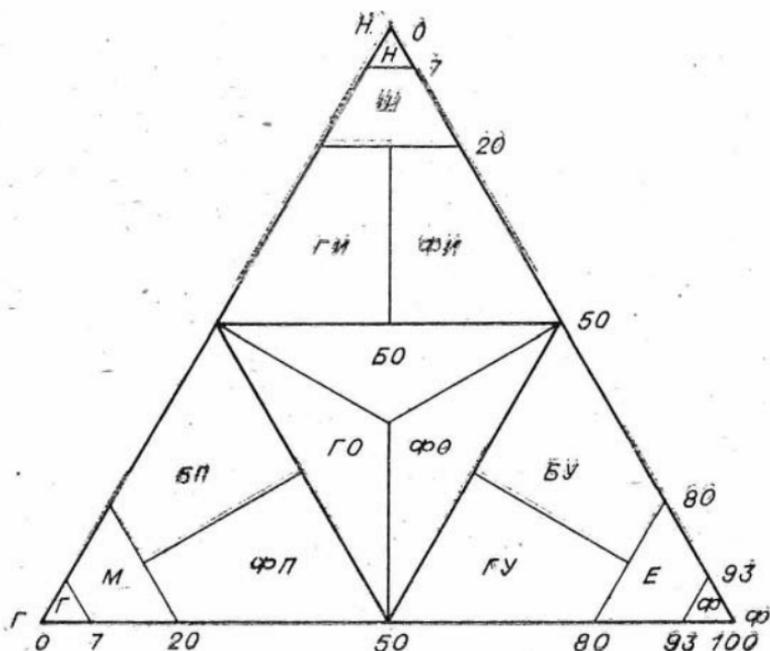


Рис. 4. Классификация литом флишевых и смежных с ними формаций.

Ф, Г — тонкий и грубый флиши; Ш — субфлиш; ГИ, ФИ — грубый и тонкий инфрафлиши; БО, ГО, ФО — биогенный, грубый и тонкий ортофлиши; БП, ФП — биогенный и тонкий парафлиши; БУ, ГУ — биогенный и грубый ультрафлиши; М — метафлиш; Е — суперфлиш; Н — нефлишевые образования.

их растворения — лютитамы (Л) («антитезис»), которые в совокупности образуют натуральный циклит («синтез»); д) особое положение занимают вулканогенные породы IV ЭЦ, их «связь» с остальными образованиями флишевого циклита минимальная.

Классификация литом флишевых и смежных с ними формаций (карбонатных, глинистых, песчаных и др.) построена на анализе соотношения преобладающих (>50%) и ведущих (20—50%) компонентов (рис. 4) среди верхнемеловых отложений Новороссийского опорного разреза Северо-Западного Кавказа: Б = 27,3%, Г = 26,6, Ф = 25,6%. Остальные семь неаяксовых компонентов слагают всего 20,5% разреза: С = 13,7%, Л = 2,7, Т = 2,5, З = 0,8, Р = 0,5, Д = 0,2 и В (вулканогенные образования) = 0,1%. На рис. 4 все они объединены с преимущественно биогенными образованиями (Н).

Естественные границы литом определены при статистическом анализе доли аяксов (Г + Ф) в 671 условной пачке (в каждой из которых 33—34 циклита) Новороссийского раз-

Классификация формаций и слагающих их литом

Доля аяк- сов, %	Формация	Субформация	Разновидность субформа- ции	Индекс
Свыше 50	Флишевая	Грубый флиш (Γ), $\Gamma > 93\%$		Γ
		Метафлиш (M), $80\% < \Gamma \leq 93\%$	Дикий метафлиш Тонкий » Биогенный »	DM ΦM BM
		Парафлиш (P), $50\% < \Gamma \leq 80\%$	Дикий парафлиш Тонкий » Биогенный »	DP ΦP BP
		Ортофлиш (O), $\Gamma \leq 50\%$, $\Psi \leq 50\%$	Грубый ортофлиш Тонкий » Биогенный »	GO ΦO BO
		Ультрафлиш (Y), $50\% < \Phi \leq 80\%$	Грубый ультрафлиш Биогенный » Лютитовый »	GY BY LY
		Суперфлиш (E), $80\% < \Phi \leq 93\%$	Грубый суперфлиш Биогенный » Лютитовый »	GE BE LE
		Тонкий флиш (Φ), $\Phi > 93\%$		Φ
20—50		Инфрафлиш (I)	Грубый инфрафлиш Тонкий » Биогенный »	GI ΦI BI
7— 20		Субфлиш ($Ш$)	Биогенный субфлиш Тонкосилтовый » Дикий »	$BШ$ $TШ$ $DШ$
Менее 7	Карбонат- ная	Тонкосилто-карбо- натная (CB)	Алевро-тонкосилто-кар- бонатная Песчано-тонкосилто- карбонатная	TCB $ЗCB$
		Лютито-карбо- натная ($ЛБ$)	Алевро-лютито-карбо- натная Песчано-лютито-карбо- натная	$TЛБ$ $ЗЛБ$
	Тонкосил- товая	Биогенно-тонко- силтовая (BC)	Алевро-биогенно-тонко- силтовая Песчано-биогенно-тоя- косилтовая	TBC $ЗBC$

Доля яксов, %	Формация	Субформация	Разновидность субформации	Индекс
Менее 7	Тонкосил- товая	Алевро-тонкосил- товая (ТС)	Биогенно-алевро-тонко- силтовая	<i>БТС</i>
			Лютито-алевро-тонко- силтовая	<i>ЛТС</i>
	Алеврито- вая	Тонкосилто-алев- ритовая (СТ)	Биогенно-тонкосилто- алевритовая	<i>БСТ</i>
Лютито-тонкосилто- алевритовая			<i>ЛСТ</i>	
		Биогенно-алеври- товая (БТ)	Песчано-биогенно-алев- ритовая	<i>ЗБТ</i>
			Лютито-биогенно-алев- ритовая	<i>ЛБТ</i>

Л и т о м ы

Индекс	Среднее содержание 0 + I + I·ЭЦ, %	Подразделение обломочных пород
0000	80—100	Олистостромовая (песчаная)
1000	50—80	Очень сильнопесчаная (алевритовая)
2000	20—50	Сильноалевритовая (песчаная)
3000	10—20	Среднеалевритовая (песчаная)
4000	5—10	Слабоалевритовая
5000	2—5	Очень слабоалевритовая
6000	1—2	Безалевритовая
7000	0—1	Без указаний на степень алеврити- стости
	Среднее содержание силтов, %	Подразделение по доле силтов
000	90—100	Весьма сильносилтовая
100	80—90	Очень сильносилтовая
200	60—80	Сильносилтовая
300	40—60	Среднесилтовая
400	20—40	Слабосилтовая
500	10—20	Очень слабосилтовая
600	0—10	Весьма слабосилтовая
	Средняя карбонат- ность литом, %	Подтип литом по карбонатности
00	0—3,5	Очень сильноаргиллитовый (глин- стый)

Индекс	Среднее содержание силтов, %	Подразделение по доле силтов
10	3,6—10,7	Сильноаргиллитовый (глинистый)
20	10,8—17,8	Среднеаргиллитовый (глинистый)
30	17,9—25,0	Слабоаргиллитовый (глинистый)
40	25,1—32,1	Очень слабоаргиллитовый (глинистый)
00	32,2—39,2	Очень слабомергельный
10	39,3—46,4	Слабомергельный
20	46,5—53,5	Среднемергельный
30	53,6—60,7	Сильномергельный
40	60,8—67,8	Очень сильномергельный
50	67,9—75,0	Очень слабоизвестняковый
60	75,1—82,1	Слабоизвестняковый
70	82,2—89,3	Среднеизвестняковый
80	89,4—96,4	Сильноизвестняковый
90	96,5—100,0	Очень сильноизвестняковый

Индекс	Средняя толщина циклитов	Подразделение по толщине натуральных циклитов
0	5—10 м	Гигаритмичный
1	2—5 м	Мегаритмичный
2	1—2 м	Макроритмичный
3	50—100 см	Крупноритмичный
4	20—50 см	Среднеритмичный
5	10—20 см	Мелкоритмичный
6	5—10 см	Тонкоритмичный
7	2—5 см	Очень тонкоритмичный
8	1—2 см	Весьма тонкоритмичный

Примечание. Б — преимущественно биогенные (карбонатные) отложения, В — вулканогенные образования, Г — грубый флиш, Д — дикий флиш (обвальные, оползневые брекчи, олистостромы), Е — суперфлиш, З — песчаные, обломочные грубозернистые неаяксовые породы, И — инфрафлиш, Л — лютитовые образования, остатки от растворения карбонатных пород, М — метафлиш, О — ортофлиш, П — парафлиш, Р — грубосилтовые образования, С — тонкосилтовые отложения, У — ультрафлиш, Ф — тонкий флиш, Т — алевритовые, обломочные тонкозернистые неаяксовые породы, ПП — субфлиш. (Пример: верхнемеловые отложения Новороссийского опорного разреза представлены среднеалевритовым среднесилтовым сильномергельным среднеритмичным грубым биогенным ортофлишем, индекс ГБО-3334.)

реза по дефицитам содержания: 6,5%, 18,8, 48,6, 81,4 и 91,5%, округленно — 7%, 20, 50, 80 и 93%. Соответственно выделены нефлишевые ($\Gamma + \Phi < 7\%$) и флишевые ($\Gamma + \Phi \geq 7\%$) литомы, в том числе субфлишевые ($7\% \leq \Gamma + \Phi < 20\%$), инфрафлишевые ($20\% \leq \Gamma + \Phi < 50\%$), ортофлишевые ($\Gamma + \Phi > 50\%$, $\Gamma < 50\%$, $\Phi < 50\%$), парафлишевые ($50\% \leq \Gamma < 80\%$), метафлишевые ($80\% \leq \Gamma < 93\%$), грубофлишевые ($\Gamma \geq 93\%$), ультрафлишевые ($50\% \leq \Phi < 80\%$),

Уровни организации стратонов, геологические циклы, геохронология

Уровень организации стратонов	Цикл		Средняя продолжительность	Геохронологическое подразделение (геологическое время)
	Тип	Класс		
Оболочка	Мегацикл	1	4,8 * млрд. лет	История Земли Мегахрон
		2	1,5 * млрд. лет	
		3	600 * млн. лет	Эон
		4	210 * млн. лет	
		4	190 млн. лет	<u>Эра</u>
Формация	Макроцикл	5	58 млн. лет	Период Эпоха <u>Век</u>
		6	14 млн. лет	
		7	<u>3,7 млн. лет</u>	
Пачка	Мезоцикл	8	800 тыс. лет	Фаза Пора <u>Геоминута</u>
		9	190 тыс. лет	
		10	<u>40 тыс. лет</u>	
Слой	Микроцикл	11	9,5 тыс. лет	Эпизод Полисекунда <u>Геосекунда</u>
		12	1,6 тыс. лет	
		13	<u>220 лет</u>	
Слоёк	Наноцикл	14	60 лет	Вековой наноцикл Солнечный наноцикл Геотерция <u>Год</u>
		15	13 лет	
		16	3,5 года	
		17	1 год	
Пульсит	Пикоцикл	18	3 месяца	Сезонный пикоцикл Лунный пикоцикл Суточный пикоцикл Трехчасовой пикоцикл
		19	14 дней	
		20	<u>1 день</u>	
		21	<u>160 минут</u>	

* Для истории Земли в целом. Подчеркнуты наиболее важные геохронологические эры, века, минуты, секунды мезо-, микро-, нано- и пикоциклов: геологические эры, века, минуты, секунды

суперфлишевые ($80\% \leq \Phi < 93\%$), тонкофлишевые ($\Phi \geq 93\%$). Разновидности литом выделяются по второму ведущему, или даже преобладающему (в субфлише или инфрафлише), компоненту например: биогенный субфлиш, тонко-силтовый инфрафлиш, грубый ортофлиш ($\Gamma > \Phi$, $\Gamma > B$) и т. д. Вариацни разновидностей литом выделяются¹⁸ по доле

¹⁸ См.: Афанасьев С. Л. Методика...

Литические и стратиграфические подразделения

Стратиграфическое подразделение					
Циклит			Литома	Биом	Магнитный интервал
Ранг	Тип	Класс			
Мегациклит	Цикло-комплекс	1	Земная кора	Мегатема Акротема	Эон Эра
		2	Оболочка земной коры		
		3	Структурный этаж	Эонотема Эратема	
		4	Структурный ярус		
Макроциклит	Циклолитон	5	Комплекс	Система Отдел Ярус	Период Эпоха Век
		6	Серия		
		7	Свита		
Мезоциклит	Циклотема	8	Подсвита (субсвита)	Зона Звено Событие	Зона Пора Событие
		9	Пачка		
		10	Подпачка (субпачка)		
Микроциклит	Полислой	11	Пакет		
		12	Сложный полислой		
		13	Простой полислой		
Напоциклит	Полислоёк	14	Слоёк		
		15	Сложный полислоёк		
		16	Простой полислоёк		
		17	Пара слоёчков		
Пикоциклит	Пульсит	18	Слоёк		
		19	Лунный пульсит		
		20	Суточный пульсит		
		21	Трёхчасовой пульсит		

Литические подразделения, играющие роль единиц времени для мега-, макро-, а также годы, сутки.

обломочных пород I + Г + 0 ЭЦ, силтов и граувакк II ЭЦ, по общей карбонатности отложений, по средней мощности натуральных циклитов (табл. 4).

Классификацию флишевой ритмичности лучше всего проводить¹⁹ на основе децициклитов — наиболее характерных

¹⁹ См.: Афанасьев С. Л. О мощности флишевых ритмов. — В кн.: Материалы научно-технической конференции (Всесоюзный заочный политехнический институт). М., 1967, с. 34—35.

образований флишевой формации (в Новороссийском разрезе они составляют 80%, метровые циклиты — 15%, сантциклиты — 5%). Соответственно весьма тонкоритмичные (1—2 см) отложения составляют 0,1% разреза, очень тонкоритмичные (2—5 см) — 0,6%, тонкоритмичные (5—10 см) — 4,0, мелкоритмичные (1—2 дм) — 13,8, среднеритмичные (2—5 дм) — 41,4, крупноритмичные (5—10 дм) — 25,1, макро- ритмичные (1—2 м) — 13,2, мегаритмичные (2—5 м) — 1,8%; гигаритмичные (5—10 м) отложения в Новороссийском разрезе отсутствуют.

Классификация стратонов и геохронологических подразделений построена на статистическом анализе 500 с лишним опубликованных оценок длительности стратонов²⁰. Наиболее часто встречающиеся оценки образуют 21 класс стратонов, которые по длительности образования (табл. 5) группируются в шесть уровней организации стратонов: оболочечный (0,1—4,8 млрд. лет), формационный (1,7—100 млн. лет), пачечный (0,02—1,7 млн. лет), слоевой (0,1—20 тыс. лет), слойковый (1—100 лет) и пульстовый (менее 1 года). Каждый уровень характеризуется элементарной ячейкой с длительностью образования соответственно равной: геологической эре (190 млн. лет), геологическому веку (3,8 млн. лет), геологической минуте (40 тыс. лет), геологической секунде (220 лет), году (1 год), трем часам (160 минут).

Классификация прогибов построена на эмпирическом материале по позднемеловой истории развития прогибов Большого Кавказа: постоянные прогибы развивались не менее 16,84 млн. лет (половина позднемеловой эпохи: 62,00—95,68 млн. лет), временные — 3,37—16,84 млн. лет (10—50% позднемеловой истории), эфемерные — менее 3,37 млн. лет (менее 10% позднемеловой истории).

Классификация структурных элементов земной коры построена на статистическом анализе всех современных геосегментов, мега-, макроблоков, частично мезо- и микроблоков, а также структурно-формационных элементов, структурных площадей позднего мела Большого Кавказа²¹.

Классификация групп, классов и типов литогенеза²² построена с учетом происхождения осадочного материала (экзогенная, эндогенная, космогенная группы литогенеза), ос-

²⁰ См.: Афанасьев С. Л. Осадочные формации.— В кн.: Осадочные бассейны и их нефтегазоносность. М., 1983, с. 104—117.

²¹ Там же.

²² Там же.

новых типов земной коры (материковый, материково-океанический, океанический классы литогенеза), климатических поясов (гумидный, аридный, ледовый и другие типы литогенеза).

Количество примеров классификаций этим не ограничивается. Наблюдается общая тенденция: переход от формальных классификаций к генетическим на основании учета основных признаков, их системного анализа с применением математических методов.

ФАЦИАЛЬНО-ПЕТРОГЕНЕТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ОСАДОЧНЫХ ФОРМАЦИЙ

В. И. ПОПОВ, акад. АН УзССР,

В. Ю. ЗАПРОМЕТОВ, канд. геол.-мин. наук

Генетическое определение геологической формации. Формации являются самостоятельным классом геологических тел. Они состоят из горных пород и сами слагают регионы и оболочки Земли. В ходе длительного изучения геологических формаций, вначале имевшего описательный характер, выработалось более совершенное генетическое их понимание. А. Вернер, впервые применивший в конце XVIII в. термин «формации», считал, что все они, в том числе базальтовые и сиенитовые, имеют осадочное происхождение. Позднее исследователи стали отделять магматические формации от осадочных, сложенных осадочными вулканогенно-осадочными и эксталяционно-осадочными породами.

В наиболее общем виде геологическую формацию можно определить как естественно-историческое сообщество изогенетических горных пород. Изогенетичность выражается в идентичности их петрогенезиса (т. е. в одинаковых исходном веществе и процессах его интеграции и дифференциации на отдельные породы¹) и среды образования (т. е. в одинаковых фациальных условиях²). С учетом этих двух проявлений изогенетичности формулируется основной обобщающий фациально-петрогенетический принцип выделения формаций. Он был впервые обоснован Ф. Ю. Левинсон-Лессингом.

¹ См.: Попов В. И. Об эволюции и контрастной дифференциации осадочных горных пород. — Докл. АН УзССР, 1950, № 5.

² Осадочная фацита представляет собой единицу физико-географического ландшафта, физико-географической среды образования осадочных отложений (см.: Маливкин Д. В. Учение о фациях. Географические условия образования осадков. — М.— Л., 1955—1956).

сигном на примере магматических формаций³, но вполне применим и к осадочным. Петрогенезис и фацция формации несколько варьируют в зависимости от региональных историко-геологических условий, которые отражаются на формациях через изменение палеогеографии, объединяющей смежные фациальные ландшафты.

Установлено четыре петрогенетических группы формаций: осадочные, магматические, пневмато-гидротермальные и метаморфические. Данное подразделение является общепризнанным. Это показывает, что в основе изучения всех формаций так или иначе лежит генетический подход.

Среди осадочных формаций почти все исследователи выделяют четыре петрогенетических ряда, а именно: терригенный (или, шире, алюмосиликатный), силицитовый (кремнистый по Н. С. Шатокову), карбонатный и галогенный. Однако мы не можем ограничиваться только петрографическим и даже только петрогенетическим пониманием осадочных формаций. Традиционные петрографические классификации не отражают реального многообразия горных пород. Каждая формация слагается своеобразными, типичными только для нее породами, не повторяющимися в других формациях и нередко контрастно дифференцированными в зависимости от той фацции, в какой возникла данная формация. Так, например, молассовые песчаники отличаются от шлировых, а те — от флишевых и т. д. Все они представляют собой разные породы, которые лишь называются одним и тем же термином «песчаник».

Исследователи осадочных формаций имеют большие преимущества в реализации естественно-генетического подхода по сравнению с исследователями глубинных формаций благодаря наглядности процессов развития осадков. При этом, основываясь на классических установках естественно-исторической школы В. В. Докучаева, в первую очередь учитывают значение физико-географической среды образования каждой осадочной формации (т. е. порождающей ее фацции, по Д. В. Наливкину) и ее петрографического развития. Такое направление изучения осадочных формаций, называемое палеогеографическим, было утверждено решением VIII Всесоюзного литологического совещания (Москва, 1968 г.)⁴.

³ См.: Попов В. И. Фациально-петрографический принцип выделения и классификации формаций (по Левинсон-Лессингу). — В кн.: Научные труды Ташкентского университета, вып. 432. Труды проблемной лаборатории осадочных формаций и осадочных руд, вып. XII. Ташкент, 1972.

⁴ См.: Состояние и задачи советской литологии, т. 1. — М., 1970.

Согласно фациально-палеогеографическому представлению, каждая осадочная формация является результатом палеогеографической истории. Она отражает один из ее этапов, характеризуемый господством процессов, происходящих в какой-либо определенной, достаточно длительно развивавшейся единице ландшафта, т. е. фации. Последняя локализовалась там, где образовались отдельные фациальные залежи данной формации. Единство и целостность каждой формации, всему формационному сообществу слагающих ее горных пород сообщаются той фацией, в которой она образуется⁵. Поэтому формационный анализ есть продолжение фациального, его высшая ступень.

Существует соответствие между подвижными, развивающимися единицами физико-географической среды, образующимися взаимодействием движущихся рыхлых осадков, водных и воздушных масс, — с одной стороны, и порождаемыми ими сравнительно устойчивыми ископаемыми формациями, накапливающимися в ходе палеогеографической истории района, — с другой. Следовательно, формации как сообщества пород, петрогенетически связанных друг с другом, различаются в первую очередь по породившим их фациям.

Отложение осадков в данном ландшафте является переломным моментом во всем развитии пород, образующих формацию. Прекращается предшествующее активное перемещение, соединение и разъединение всех компонентов пород, сменяясь новым консолидированием, совместным, закономерно дифференцированным их сосуществованием в земной коре, характеризующим возникающую при этом формацию. Поэтому фация и прежде всего ее динамика проявляются в петрографическом составе и строении порождаемой формации несмотря на то, что время пребывания каждого отдельного горизонта последней в условиях данной фации невелико по сравнению с длительностью последующего существования формации и развития отражающихся на ней последующих петрогенетических изменений.

Каждая формация в целом отражает в своем составе условия породившего ее ландшафта, так как через материнский ландшафт в процессе его палеогеографического развития последовательно проходят все горизонты накапливающейся осадочной формации. Образование формации заканчивается лишь в связи с окончанием существования данного ландшафта. Затем возникает новый ландшафт и начинается

⁵ См.: Страхов П. М. Типы осадочного процесса и формации осадочных пород. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1956, № 5, 8.

образование новой формации. Так, наземная молассовая формация может смениться лагунной или прибрежной шлировой, а последняя — удаленно-неритовой и т. д.

Итак, каждая осадочная формация является результатом того или иного палеогеографического физико-географического процесса и вместе с тем — продуктом существовавшей ранее фации. Очевидно, что по границам смежных разнотипных формаций, точнее, формационных залежей происходит резкое изменение условий развития формаций, их петрографического состава и внутреннего строения. Такое резкое фациально обусловленное разграничение формаций облегчает их выявление, типизацию и классифицирование. Следует подчеркнуть, что здесь мы не называем формациями ассоциации разнородных гетерогенных формаций, вклинивающих друг в друга и перемежающихся, как это наблюдается, например, при переслаивании наземной (молассовой) формации и прибрежной (шлировой), в частности в параличских угленосных и иных ассоциациях.

При выявлении фаций и фациально обусловленных формаций исследователи опираются на различные принципы — как статические описательные, так и динамические. При статическом подходе фации выделяются на основе различных случайных признаков, при этом взаимоотношения между разными фациями не определяются. Более основательно разработано динамическое разделение фациальных ландшафтов⁶. Оно базируется на представлении, что каждый динамический ландшафт, каждая динамическая фация отражают одну из фаз (стадий, этапов, ступеней) развития совместно перемещающихся рыхлых осадков, водных и воздушных масс и характеризуются при этом определенной организацией их динамики. При разделении динамических осадочных фаций особенно важную роль играют полидинамические фациальные пояса и их зоны.

Полидинамические фациальные пояса и зоны. Пояс является полидинамическим, потому что складывается из системы элементарных монодинамических способов движения осадков. Каждый полидинамический фациальный пояс соответствует одной из стадий общего поступательного движения и развития осадков, сносимых с поднятий во впадины. Он характеризуется господством какого-либо ведущего способа

⁶ См.: Попов В. И. К вопросу о поступательно-перпидическом (стадийном) развитии фациальных ландшафтов. — Бюл. Среднеаз. гос. ун-та, 1947, вып. 25; Попов В. И., Макарова С. Д., Филиппов А. А. Руководство по определению осадочных фациальных комплексов и методика фациально-палеогеографического картирования. — Л., 1963.

транспортировки осадков и имеет определенную геоморфологическую позицию. Так, например, выделяются склоновый, подгорно-веерный, равнинно-долинный, волноприбойный и другие пояса.

Ведущий элементарный процесс движения в каждом полидинамическом поясе закономерно взаимодействует с другими элементарными способами движения, подчиненными ему в данном поясе. Например, в равнинно-долинном поясе ведущим является перенос осадков водным потоком и его разветвлениями, осуществляющийся вдоль оси наземного понижения. Этот ведущий процесс может быть аллювиальным, если он связан с деятельностью постоянных потоков, но может быть и пролювиальным — в пересыхающих низовьях рек, в пустынях. Кроме того, в данном поясе в качестве подчиненных процессов наблюдается образование аллювия и делювия (на склонах террас), элювия (в ископаемых почвах), осадконакопление (в озерах), золотой перенос и др.

Развитие полидинамических поясов является замечательным примером диалектики природных процессов. Способ движения ведущий в одном поясе в других поясах становится подчиненным, и, наоборот, один из второстепенных оказывается ведущим (например, работа волн в волноприбойном поясе). К сожалению, такая взаимозаменяемость игнорируется сторонниками выделения монодинамических генетических типов осадков по А. П. Павлову⁷. Некоторые исследователи стремятся распространить представления о монодинамизме на полидинамические по своей сути объекты⁸. При этом не учитывается и то, что разные стадийные динамические пояса закономерно сменяют друг друга: сначала в наземных поднятиях, далее на наземных равнинах, затем у берегов водоемов, на шельфе, на континентальном склоне и у его подножий. Кроме того, в каждом фаціальном поясе образуются субформации, являющиеся основными элементами, из которых слагаются формации. Сочетания субформаций закономерно расположены в формации, сообщая ей

⁷ См.: Павлов А. П. Генетические типы материковых образований ледниковой и послеледниковой эпох.— Изв. Геол. ком., 1888, т. 7, № 9; Павлов А. П. Дополнения редактора к книге Э. Ога «Геология».— В кн.: Ог Э. Геология. М.— Л., 1938.

⁸ См.: Шанцер Е. В. Некоторые общие вопросы учения о генетических типах отложений.— В кн.: Процессы континентального литогенеза. М., 1980; Фролов В. Т. Тектоническая типизация морских отложений. Автореф. докт. дис.— М., 1981; Чистяков А. А., Щербakov Ф. А. Современные представления о генетической классификации морских четвертичных отложений и возможности ее использования при геокартировании дна материковых окраин.— М., 1983.

внутреннюю горизонтальную и вертикальную зональность. Отмеченное разделение стадийных полидинамических поясов и их последовательность используются далее в естественном расчленении и классификации осадочных формаций.

Важно подчеркнуть, что отдельные полидинамические пояса резко обособляются друг от друга, объединяя в своем развитии фацциально-динамические и петрогенетические условия. Определенный полидинамический пояс образуется как бы в течение одного периода развития осадков. Этот период начинается фазой разрушения и смещения (интеграции) осадков предыдущих поясов. Затем в каждом достаточно полном поясе повторяются три фазы дифференциации осадков, а именно: 1) подвижная обломочная, наиболее активная, 2) умеренно подвижная пелитовая и 3) условно-застойная, где исчерпываются возможности ведущего способа транспортировки осадков. В последней зоне формируются и такие специализированные типы продуктов осадочной дифференциации, как гелевые, кристаллизационные, биохимические. Каждой фазе дифференциации соответствует в полном развитом поясе своя одноименная динамическая фацциальная зона: подвижная обломочная, умеренно подвижная пелитовая и условно-застойная.

К сожалению, это объективное расчленение и взаимная связь трех динамических зон, имеющихся в каждом полном развитом полидинамическом фацциальном поясе, также игнорируется сторонниками взглядов А. П. Павлова. Ссылаясь на то, что иногда застойная зона недоразвита (например, в горных поясах), эти исследователи не видят ее тесной связи с другими двумя зонами, устанавливаемой в тех поясах, где эта зона присутствует. Так, Е. В. Шанцер⁹ конечную динамическую условно-застойную болотно-озерную зону равнинно-долинного пояса рассматривает в отрыве от более ранних динамических зон — пойменной и русловой.

В пределах динамических фацциальных зон выделяются также «литогенетические типы» осадков¹⁰, представляющие собой разновидности какого-либо моподинамического способа движения. К их числу относятся, например, в аллювиальных процессах типы русловой стержневой, русловой косовой, русловой старичный, пойменный прирусловой, пойменный полойный и др. При этом общая последовательность

⁹ См.: Шанцер Е. В. Некоторые общие вопросы учения о генетических типах отложений.

¹⁰ См.: Жемчужников Ю. А., Яблоков В. С., Боголюбова Л. И. и др. Строение и условия накопления основных угленосных свит и угольных пластов среднего карбона Донецкого бассейна, ч. 1.— М., 1959.

стадийных поясов в теплых климатах отличается от их последовательности в холодных. Поскольку ни один пояс не образуется, пока не исчерпаются возможности развития предыдущих, последовательность поясов сохраняется во всех случаях, хотя отдельные пояса могут отсутствовать (например, когда горы сразу обрываются к берегам моря) или же повторяться (например, вследствие чередования поднятых и опущенных участков течения реки). Однако никогда более поздние стадийные пояса не могут образоваться ранее предшествующих. Поэтому морские пояса не располагаются на горных хребтах, а ледники не зарождаются на дне морей.

Каждая из отмеченных зон пояса характеризуется своими зонально сменяющимися геохимическими фациями — окислительными и восстановительными¹¹. Такие фации развиваются и в наземных, и в подводных условиях, но по-разному. С геохимическими фациями связаны определенные полезные ископаемые. Поэтому наилучшей основой для детальных прогнозов осадочных месторождений является разделение полидинамических фациальных поясов, их динамических и геохимических зон, которые отмечаются на изохронных палеогеографических картах (составляемых для отдельных элементов ритмов). Разработанная с учетом этих факторов литолого-геохимическая методика прогнозирования осадочных месторождений дала положительные результаты при проверке на самых различных типах полезных ископаемых и подземных вод.

Сравнительно-актуалистическая методика типизации геологических формаций. В основе развиваемой нами методики выделения каждого отдельного генетического типа осадочных формаций лежит установление принадлежности слагающих ее пород к определенному типу динамических фациальных ландшафтов. На такие динамические формационные сообщества расчленяется вся литологическая колонка. При этом используется сравнительно-актуалистическая методика.

При изучении современных динамических ландшафтов выявляются динамические фации и их признаки. По этим признакам с помощью сравнительно-актуалистического метода можно установить аналоги современных эталонных динамических фациальных ландшафтов, зафиксированные в ископаемых формациях. К настоящему времени изучены многие эталонные типы современных фациальных ландшафтов¹²

¹¹ См.: Пустовалов Л. В. Геохимические фации и их значение в общей и прикладной геологии. — Пробл. сов. геологии, 1933, № 1.

¹² См.: Наливкин Д. В. Учение о фациях. Географические условия образования осадков.

или обстановок седиментации¹³, разработаны определители динамических фаций¹⁴.

При установлении генетических типов формаций исследователи палеогеографического направления опираются главным образом на динамические фациальные признаки, свойственные отдельным элементарным литогенетическим типам пород (по Ю. А. Жемчужникову), и на фациальные парагенезисы литогенетических типов пород, т. е. на сочетания последних, закономерно возникающие в отдельных полидинамических фациальных зонах (поясах) или в орогидрографических фациальных комплексах.

Выявление зональных и поясных фациальных парагенезисов в разрезах ископаемых формаций облегчается тем, что при периодической двусторонней миграции горизонтальных фациальных зон и поясов происходит наложение их осадков в вертикальном разрезе, причем осадки откладываются в той же последовательности, в какой они сменяют друг друга на поверхности Земли в направлении от поднятий к равнинам. Эта последовательность может ритмически повторяться в разрезе формаций. В результате каждая микроритмосерия, ритмопачка, или ритмосвита¹⁵ является обособившимся фациальным парагенезисом пород, характеризующим сообщества литогенетических типов, ту или иную фациальную зону или фациальный пояс, и может быть названа фациальным ритмопарагенезисом. Фациальные ритмопарагенезисы и их формационные сочетания наряду с фациальными признаками отдельных слоев представляют собой важнейший генетический показатель любого типа осадочных формаций.

Многостепенное динамическое разделение фаций и формаций. Необходимо подчеркнуть иерархичность внутренней организации динамических фаций. Каждая фация формируется из нескольких таксонов (такowymi являются отмечен-

¹³ См.: Твенхофел У. Х. Учение об образовании осадков.— Л.— М., 1934; Kukul Z. Geology of recent sediments.— Prague, 1970; Рейнек Г. Э., Сингх И. Б. Обстановки терригенного осадкоотложения.— М., 1981; Хеллем Э. Интерпретация фаций и стратиграфическая последовательность.— М., 1983.

¹⁴ См.: Попов В. И., Макаров С. Д., Филиппов А. А. Руководство по определению осадочных фациальных комплексов и методика фациально-палеогеографического картирования.

¹⁵ Микроритмосерии сложены ритмически чередующимися литогенетическими типами пород, ритмопачки — ритмически перемежающимися пачками, каждая из которых включает осадки одной полидинамической фациальной зоны, ритмосвиты — также ритмически чередующимися фациальными свитами, каждая из которых образована осадками одного полидинамического фациального пояса.

ные выше литогенетические и монодинамические типы и полидинамические пояса). Таксону фацциальной единицы соответствует определенный таксон в классификации формаций. Поэтому в классификации формаций выделяются многочисленные последовательно соподчиненные таксоны.

Динамическая классификация формаций — это описание естественной последовательной смены соподчиненных друг другу ступеней, этапов, стадий, фаз их развития, наблюдаемых на поверхности планеты. Эти ступени возникают в ходе общего гравитационно обусловленного движения рыхлых осадков, водных и воздушных масс, которое всюду направлено от высочайших горных хребтов к наземным равнинам и далее — в глубины морей и океанов.

Иерархичность ступеней развития отражается в следующей схеме подразделения таксонов осадочных формаций (от крупных единиц к мелким):

1. Петрогенетическая группа формаций (ПГФ), соответствующая геологическому типу процессов. Осадочная ПГФ противопоставляется магматической, пневмогидротермальной осадочной и метаморфической.

2. Петрогенетический ряд формаций (ПРФ), соответствующий определенному источнику вещества. В осадочных формациях выделяются четыре ряда: алюмосиликатный, силицистый, карбонатный, галогенный.

3. Ступенчатая подгруппа осадочных формаций (ПФ), соответствующая одной из трех ступеней рельефа поверхности Земли: континентальной, предконтинентальной и океанической. Эти ступени в обобщенном виде отмечаются на гипсографической кривой, показывающей периодическое изменение энергии рельефа — от максимальной в поднятиях (у начала каждой ступени) до минимальной (в конце). С изменением энергии связана наиболее крупная периодичность в чередовании фаз интеграции и дифференциации осадков, проявляющаяся в осадочных формациях и отражающаяся в образовании осадочных месторождений.

4. Фацциально-петрогенетическое семейство формаций (СФ), отвечающее крупному фацциальному подразделению петрогенетического ряда, например молассовое (терригенное наземно-равнинное) или шливовое (терригенное прибрежно-равнинное).

5. Структуро-тектонический комплекс (род) формаций (КФ), который отвечает магмотектоническому режиму региона. Так, например, выделяются собственно молассовый (горообразовательный, орогенный) и молассовидный (равнинообразовательный, плепогенный) комплексы, шливовый и

пллпровидный и т. п. В отличие от горообразовательного режима при равнинообразовательном не проявляется магматизм, а средние максимальные скорости накопления осадков не превышают 10—15 м/млн. лет (например, на платформах).

6. Изогенетический вид формаций, или собственно формация (Ф). Состоит из пород одинакового происхождения, т. е. из изопетрогенетических, изофациальных пород. Формации различаются по изоклиматическим условиям, отвечающим ледовому, гумидному, ариднему или тропическому климату (например, молассовая формация, ледовая, угленосная, серо-буроцветная, красноцветная и др.).

7. Историко-геологический подвид формации (ПФ) соответствует какой-либо стадии развития земной коры (например, молассовый подвид, постплатформенный, платформенный и др.).

8. Динамофациальная субформация (СФ) — часть формации, соответствующая в определенном типе климата отдельному полидинамическому фациальному поясу. Так, выделяются теплоклиматические молассовые субформации (подгорно-веерная, равнино-долинная, эолово-равнинная) и холодноклиматические (покровно-ледниковая, флювиогляциальная и др.).

9. Разновидности формаций: петрографические (ПРФ), минеральные (МРФ), геохимические (ГРФ) и др. Они различаются по содержанию полезных ископаемых (например, меденосная, бокситоносная).

При классификации осадочных формаций должна учитываться еще недостаточно выявленная необратимая эволюция их типов. Ее установление также базируется в первую очередь на сравнительно-актуалистическом методе, поскольку современная стадия развития объекта или процесса является ключом для понимания более ранних стадий. При этом характерные для данных объекта или процесса особенности четче выявляются на более поздней стадии, то разносторонне развиваясь, то, напротив, редуцируясь до состояния рудиментов.

Из сказанного видно, что классификация формаций строится от более крупных подразделений к более мелким, в отличие от установления типов формаций. Последние обычно выделяются противоположным способом: от петрографических разновидностей пород и формаций через литогенетические и моногенетические типы к полидинамическим субформациям, видам формаций и, наконец, к их родам и семействам.

К ВОПРОСУ О КЛАССИФИКАЦИИ ПРОДУКТОВ ГИПЕРГЕНЕЗА

Р. А. ЦЫКИН, д-р геол.-мин. наук

Термин «гипергенез» был предложен А. Е. Ферсманом для обозначения химических и физико-химических явлений в приповерхностной части литосферы¹. Позднее этот исследователь дал иную трактовку гипергенеза — как суммы геохимических процессов в приповерхностной зоне, включая седиментацию. На наш взгляд, оба этих определения представляют собой крайности. По-видимому, содержание понятия «гипергенез» целесообразно сводить к чисто элювиальным преобразованиям коренных горных пород, но это понятие не должно быть и чрезмерно широким. Не распространяя его на процессы седиментации под влиянием внешних динамических агентов, мы считаем необходимым учитывать подземный транспорт твердых и растворенных веществ под действием силы тяжести и инфильтрационных вод. Полагать, что рассматриваемый термин — это синоним понятия «выветривание»², неоправданно. Под гипергенезом мы подразумеваем биологические, химические и физические преобразования коренных горных пород и рыхлых отложений в приповерхностной части земной коры, приводящие к изменению инженерно-геологических свойств и образованию новых минеральных ассоциаций. Это конечная стадия эволюции горных пород, играющая самостоятельную роль, наряду с диагенезом, метагенезом и др. Выветривание же является наиболее типичным, но далеко не единственным комплексным процессом приповерхностного преобразования земного вещества. Наряду с выветриванием имеют место цементация, замещение, уплотнение, просадки, суффозия. Все они используют внутреннюю поверхность горных пород — трещины, границы зерен, обломков и тел, поровое пространство. Получая энергию, воду и растворенные вещества извне, эти процессы действуют в недрах, распространяясь до глубин 1000—2500 м и более.

Н. Б. Вассоевич предложил различать стадии приповерхностного изменения горных пород³. Следствием стадийности является вертикальная зональность. Используя тер-

¹ См.: Ферсман А. Е. Геохимия России, ч. 1.— Л., 1922.

² См.: Добровольский В. В. Гипергенез четвертичного периода.— М., 1966.

³ См.: Диагенез и катагенез осадочных образований.— М., 1971.

минологию Н. Б. Вассоевича, будем различать подзоны копечного (апо-), промежуточного (мезо-) и начального (прото-) гипергенеза.

В подзоне апогипергенеза, начинающейся у земной поверхности и прослеживающейся до глубины 100—200 м, соответствующих гидродинамическим зонам аэрации и насыщения (пресные грунтовые воды), образуются кора выветривания и другие типы элювия, заменные метасоматиты, карстовые формы и некоторые виды субтерральных отложений. Направленность изменений в самой близкой к поверхности части подзоны во многом зависит от ландшафтно-климатических условий: радиационного баланса и суммы осадков, рельефа местности и характера почвенного покрова. Одни районы (тропики и субтропики) благоприятны для формирования коры выветривания, другие (аридные и семиаридные) — для выщелачивания и инфильтрационного минералообразования, третьи (пивальные) — для окисления и механического разрушения скальных пород.

Геохимические следствия апогипергенеза определяются составом субстрата и геолого-структурной обстановкой. К факторам выветривания порообразующие минералы проявляют разную устойчивость⁴. Например, кварц, турмалин, альмандин, дистен сохраняются в глинистом элювии. Актинолит, эпидот, микроклин, альбит сохраняются в начальных продуктах и затем разрушаются. Слюды, нефелин, плагиоклазы, пироксены наименее устойчивы. В зависимости от происходящих реакций (окисление, гидратация, гидролиз, ионный обмен и т. п.) в продукте могут фиксироваться унаследованные или привнесенные химические элементы.

Как правило, сплошной покров элювиальных образований наблюдается лишь на слаборасчлененных площадях. В горных районах фиксируются локальные тела — липзо-, клино-, столбообразные или сложные. Такие формы тел чаще всего обусловлены комплексной денудацией. Но некоторые продукты апогипергенеза изначально локализованы, что вызвано их связью с определенными породами и тектоническими структурами. Обычно глубины распространения глинистого элювия резко возрастают в зонах разрывных нарушений, трещиноватости и контактов таких контрастных по химическому составу пород, как карбонатные и алюмосиликатные. Роль контактово-реакционных взаимодействий между ука-

⁴ См.: Казанский Ю. П. Выветривание и его роль в осадконакоп-лении.— М., 1969.

занными породами в образовании глинистого элювия и замещенных метасоматитов является определяющей⁵.

Главным продуктом интенсивного гипергенеза считается кора выветривания, традиционно определяемая как «комплекс горных пород, возникших в верхней части литосферы в результате преобразования в континентальных условиях магматических, метаморфических и осадочных пород под влиянием различных факторов выветривания»⁶. На наш взгляд, это определение нуждается в некотором сужении и формализации. В нем не указаны критерии комплексации, не конкретизированы факторы и их деятельность. Получается, что все экзогенные процессы протекают под влиянием одних и тех же факторов. Между тем кроме изобъемных преобразований пород происходят уплотнение, оползание (крип), смыв и т. п.

Прежде всего мы считаем, что к продуктам корообразования можно отнести только элювиальные, а соответствующие преобразования являются изобъемными. Кроме того, в кору выветривания не должно быть привноса вещества извне, исключая гидроксил. Необходимы также ограничения в отношении исходных пород (субстрата) коры выветривания. В подавляющем числе публикаций в качестве продуктов выветривания рассматриваются элювиальные глины и латериты, образованные за счет алюмосиликатных порообразующих минералов. Соответственно минералы класса силикатов (точнее, алюмосиликаты) представляют собой субстрат коры. Однако в литературе встречаются также описания кор кварцевых и карбонатных пород, углей, солей, фосфоритов и др.⁷ По нашему мнению, эти породы не являются корообразующими. Преобразование их протекает без участия таких процессов, как гидратация, окисление и гидролиз⁸. Указанные процессы не проявляются и в случаях, когда алюмосиликатные породы разрушаются в результате лишь физического выветривания, а химического изменения элювия не происходит. Таким образом, не по всяким породам в подзоне апогипергенеза образуется кора выветривания и не всякий элювий следует к ней относить. Термин «элювий» по содер-

⁵ См.: Цыкин Р. А. Об условиях формирования покрытого карста.— Геол. и геофиз., 1980, № 8.

⁶ Геологический словарь, т. 1.— М., 1983, с. 355.

⁷ См., например: Петров В. П. Основы учения о древних корах выветривания.— М., 1967; Цехомский А. М. Кора выветривания.— В кн.: Справочник по литологии. М., 1983.

⁸ См.: Гинзбург И. И. Типы древних кор выветривания, формы их проявления и классификация.— В кн.: Кора выветривания, вып. 6. М., 1963.

жаншо шире и учитывает остаточные, топографически не смещенные⁹ продукты гипергенеза (любой его стадии), сохраняющие все или большинство химических элементов материнской породы.

Многие исследователи высказывают мнение, что кора выветривания является метасоматическим образованием. Е. В. Шанцер называет ее автометасоматитом¹⁰, В. А. Теняков — продуктом протонного метасоматоза¹¹, а Г. И. Бушинский — гидратного¹². Г. Л. Пospelов указал, что при кооробразовании имеет место выщелачивающий метасоматоз, дающий унаследованные (трансформационные) продукты¹³. Следовательно, отнести к коре выветривания замененные продукты нельзя, так как в последних преобладают привнесённые химические элементы, первоисточник, пути миграции и причины накопления которых нам пока не известны. Таким образом, корой выветривания мы предлагаем считать виды элювия подзоны апогипергенеза, образованные выщелачивающим трансформационным метасоматозом, преобразующим алюмосиликаты эдукта. Это определение формализованное, конкретизирующее условия образования и локализации одного из классов вторичных геологических тел, а следовательно, обеспечивающее точность научного прогноза. Следует отметить, что с телами такого рода связаны полезные ископаемые двух типов — реликтовые (элювиальные россыпи золота, касситерита, алмаза, циркона и др.) и перерожденные (глины, бокситы, окисные руды марганца и др.).

Коры выветривания формировались либо непосредственно от дневной поверхности, подобно почвенным профилям¹⁴, либо под сравнительно маломощными покровами рыхлых отложений¹⁵. Верхние части их образовались в обстановке периодического увлажнения, а нижние — сплошного обводнения и активного движения грунтовых вод. По строению коры

⁹ См.: Шанцер Е. В. Очерки учения о генетических типах континентальных осадочных образований.— М., 1966.

¹⁰ Там же.

¹¹ См.: Теняков В. А. Геохимия бокситообразовательного процесса.— В кн.: 1-й Международный геохимический конгресс, т. IV, кн. 1. М., 1973.

¹² См.: Бушинский Г. И. О выветривании, промывном гидролизе и проточном диагенезе.— Литология и полез. ископаемые, 1977, № 6.

¹³ См.: Пospelов Г. Л. Парадоксы, геолого-физическая сущность и механизмы метасоматоза.— Новосибирск, 1973.

¹⁴ См.: Петров В. П. Основы учения о древних корах выветривания.

¹⁵ См.: Михайлов Б. М. Геология и полезные ископаемые Либерийского щита.— М., 1969.

выветривания могут быть зональными и однородными при мощностях от 8—15 до 150 м. Наиболее характерная форма тела плащеобразная с относительно ровной верхней и сложной, зубчатой нижней границами. Первая определяется комплексной денудацией, вторая — геологической структурой субстрата. Тела древних кор выветривания сденудированы в разной степени. Нередко в результате последующего размыва сохраняются только корневые части тела, рассматриваемые в качестве линейного морфотипа коры¹⁶.

К элювию корового типа относятся и продукты выщелачивающего метасоматоза рыхлых терригенных отложений, содержащих алюмосиликатные минералы. Это полимиктовые пески, паттумы, суглинки и т. п. Чаще всего они заполняют карстовые формы, но вторичное выветривание может наблюдаться также в эрозионных и тектонических депрессиях на некарбонатном основании. Главное условие интенсивного преобразования такого материала — хорошая водопроницаемость коренных пород (при тектоническом и климатическом режимах, благоприятных для корообразования). Формы тел этой так называемой «неоэлювиальной» коры выветривания липзо- и гнездообразная. Минералогическая зональность в ней может отсутствовать либо проявляться в стратифицированном (полициклическом) и центростремительном (оболочечном) вариантах.

Элювием иного типа являются продукты дезинтеграции (фрактолитизации) скальных пород любого состава — щебнистые и суглинистые образования, доломитовая мука, маршалит, гажа и др. Данные продукты возникают частью в процессе механического измельчения пород, частью при растворении порового и межзернового цемента. Химическое перерождение субстрата почти не фиксируется.

В качестве коры выветривания некоторые исследователи рассматривают зоны окисления, выщелачивания и вторичного обогащения месторождений цветных металлов¹⁷. В составе руд обычно преобладает весьма устойчивый при выветривании кварц, а полезные сульфидные минералы часто играют второстепенную роль. При окислении последних образуется серная кислота, растворяющая металлы и обуславливающая их нисходящую миграцию в сильнокислой среде. В итоге появляются выщелоченный кремнеземистый элювий и замешные метасоматиты зоны вторичного обогащения.

¹⁶ См.: Гипзбург И. И. Типы древних кор выветривания, формы их проявления и классификация.

¹⁷ См., например: Петров В. П. Основы учения о древних корах выветривания; Цехомеский А. М. Кора выветривания.

Учитывая специфику субстрата и процесса рудообразования, целесообразно говорить об особом типе продуктов гипергенеза сульфидных руд. Если сульфидные вкрапленные руды содержат алюмосиликатные балластные минералы (например, в месторождениях медно-порфирового типа), то образуемый при серно-кислотном выветривании глинистый элювий, в свете высказанных соображений, является типичной корой выветривания. Тем не менее образование вторичных руд обусловлено не корообразованием, а параллельно идущим инфильтрационным метасоматозом на восстановительном геохимическом барьере.

Метасоматиты в подзоне апогипергенеза широко распространены¹⁸. Так, по карбонатным породам формируются кварциты и маршалиты, глины, фосфориты и т. п. За счет изменения различных коренных пород и рыхлых отложений возникают лимонитовые и марганцевые руды, существенно карбонатные, сульфатные, кремнистые и другие образования.

В подзоне апогипергенеза активно развивается карбонатный карст, представленный вапновыми формами рельефа, пещерами и пещеристыми полостями, коллекторами подземных вод, а также депрессиями, заполненными континентальными осадочными образованиями. В условиях влажных субтропиков и тропиков создаются предпосылки развития покрытого карста, когда взаимосвязанно, на основе реакционных взаимодействий происходит избирательное растворение карбонатных пород и накопление в развивающихся депрессиях отложений песчано-глинистого состава. Осадконакопление в этом случае порождается гипергенезом. Отложения покрытого карста в условиях промывного режима процесса преобразуются выщелачивающим метасоматозом, продуктами которого являются белые и пестрые каолины, глинистые пигменты, бокситы, фосфориты, железомарганцевые руды и др. Если осадконакопление, определяющее специфику покрытого карста, не рассматривать как элемент гипергенеза, то возникают условия для разрыва единого природного процесса во временном и генетическом аспектах¹⁹.

Подзона мезогипергенеза находится на глубинах от 100—200 м до 1000—2500 м. Геохимические условия подзоны определяются деятельностью слабоминерализованных кисло-

¹⁸ См.: Цыркин Р. А. Метасоматические породы и руды зоны гипергенеза. В кн.: Проблемы теории образования коры выветривания и экзогенные месторождения. М., 1980.

¹⁹ См.: Цыркин Р. А. Об условиях формирования покрытого карста.

родсодержащих холодных и умеренно теплых межпластовых напорных вод с активным и замедленным водообменом. Здесь влияние климатических условий почти не проявляется и с ростом глубин становится неощутимым. Преобразования водопроницаемых пород, обусловленные неравновесностью между малоустойчивыми минералами и раствором, локализованы в зонах разрывных нарушений, трещиноватости и вдоль контактов контрастных по химическому составу пород. Так, между аргиллитами, филлитами, туфами и другими телами кварц-алюмосиликатного состава, с одной стороны, и доломитами либо известняками — с другой, происходят реакционные взаимодействия, именуемые контактово-карстовым процессом²⁰. В карбонатной толще развивается карст, вызывающий повышение скорости движения подземных вод и, следовательно, наличие в них кислорода. Таким образом, создаются предпосылки для окисления аксессуарных сульфидных минералов в пограничном слое смежной толщи. Образующиеся при этом сульфат-ионы способствуют растворению зерен карбонатов, а значит, росту закарстованности и водопроницаемости. Между контрастными по химическому составу породами в условиях конвективного переноса компонентов имеет место ионный обмен. В результате реакционных взаимодействий происходят карстообразование и оглинение в карбонатном субстрате, дезинтеграция и корообразование в кварц-алюмосиликатном.

Продукты гипергенеза, обнаруживаемые скважинами или горными выработками среди свежих или только слегка измененных пород, ранее диагностировались как линейные коры выветривания — корневые части площадных кор²¹. Однако во многих случаях последние не зафиксированы, следовательно, подземные слепые тела глинистого и другого элювия имеют самостоятельное значение. Для прогноза таких тел нужно учитывать главным образом геолого-структурные факторы. По характеру зональности, формам тел и условиям залегания продукты мезогипергенеза отличаются от кор выветривания.

Зональность в телах подземного элювия может быть парной, характеризующейся положением наиболее разложенного материала в центре линзо- и жилообразных тел, а также односторонней, со снижением степени глинизации от контак-

²⁰ См.: Цыкин Р. А. Кора выветривания и карст.— В кн.: Кора выветривания, вып. 16. М., 1976.

²¹ См.: Гинзбург И. И. Типы древних кор выветривания, формы их проявления и классификация; Цехомский А. М. Кору выветривания.

Подзона	Исходные	
	Существенно алюмосиликатные	Алюмосиликатные, контактирующие с карбонатными
Апогипергенеза	Кора выветривания и прочий элювий	Сочетание коры выветривания и карстовых глин, заменные метасоматиты
Мезогипергенеза	Пластово-жильные миксоматиты	Сочетание пластово-жильных миксоматитов и карстовых образований
Протогипергенеза	Продукты предразрушения, частичной перекри-	

та в сторону кварц-алюмосиликатных пород. Формы тел жило-, линзо-, клинообразные и сложные, ветвящиеся, причем основные тела часто сопровождаются побочными. Состав продуктов зависит от протекающих реакций. В случае выщелачивающего метасоматоза накапливаются полиминеральные глины (гидрослюдисто-монтмориллонитовые, монтмориллонит-каолинитовые), содержащие реликтовые минералы — кварц, кальцит и др. Такие продукты Г. Л. Поспелов называл миксоматитами²². При наложении на них инфильтрационного метасоматоза развиваются заменные образования — железомарганцевые, пикеленосные, фосфатные и т. п. В целом по кварц-алюмосиликатному эдукту в обстановке мезогипергенеза формируются трансформационно-заменные миксоматиты, образующие слепые секущие и, отчасти, согласные тела. С учетом условий залегания таких продуктов мы предлагаем называть их пластово-жильными миксоматитами (см. таблицу).

При полном водонасыщении и активной циркуляции пластово-трещинных вод происходит карстообразование, причем более растворимые породы поражаются карстом на более значительных глубинах. Так, пласты каменной соли последовательно, сверху вниз, выщелачиваются на расстояниях в сотни метров от земной поверхности. Выше каменная соль сохраняется лишь в диапировых куполах, которые являются длительно развивающимися тектоническими структурами.

²² См.: Поспелов Г. Л. Парадоксы, геолого-физическая сущность и механизмы метасоматоза.

Растворимые	Сульфидоносные	Прочие
<p>Разные типы карста, его отложения, преобразованные в глинны, метасоматиты</p> <p>Водоносный карст, продукты выщелачивания и дробления</p>	<p>Продукты окисления и выщелачивания, глубже — обогащения</p> <p>Продукты пластово-трещинного окисления и частичной перекристаллизации</p>	<p>Геохимически слабо измененный элювий</p> <p>Трещиноватые, брекчированные, перекристаллизованные породы</p>

сталлизации, начальных гидратации и выщелачивания

Ангидрит на глубинах менее 200 м (исключая области многолетней мерзлоты) гидратируется, что ведет к росту внутренних напряжений и развитию карста. Пласты гипсов подвержены избирательному растворению и в условиях активного водообмена частично или полностью деградируют в приповерхностной зоне. В карбонатных породах карстовые процессы вызывают образование тел брекчий, доломитовой муки, вторичной пористости, сети корродированных трещин, каналов и т. д. В результате резко возрастают скорости движения трещинно-пластовых вод, обеспечиваются проницаемость пород, транспорт кислорода, течение обменных реакций, что, в свою очередь, обуславливает проявление контакто-карстового процесса.

Подзона протогипергенеза располагается на глубинах свыше 1000 м и отвечает гидрогеологическим условиям трещинно-пластовых и жильных вод с замедленным и пассивным водообменом. Воды сильно минерализованы (до рассолов), обладают повышенными температурами (от 30 до 70° С). В этой подзоне происходит предразрушение горных пород в условиях напряженного состояния пород²³. Оно связано с дефектными зонами кристаллов, взаимодействием воды с твердым веществом, перекристаллизацией и другими процессами. Конечным итогом предразрушения является обра-

²³ См.: Шило Н. А., Шумилов Ю. В. Об эффекте геологического предразрушения горных пород и его практических аспектах.— Докл. АН СССР. Сер. геол. 1981, т. 259, № 5.

зование микротрещин вследствие эффекта усталости напряженной породы. Кроме предразрушения, в водоносных пластах происходят начальная гидратация пироксенов, слюд, хлорита, перекристаллизация и развитие прожилков. Эти преобразования обычно трактуются как регрессивный эпигенез.

В подзоне протогипергенеза проявляется начальная карстификация. Например, верхний пласт каменной соли растворяется, и рассолы движутся по уклону соляного зеркала к пунктам восходящей конвекции (зонам разломов), где происходит их разгрузка. Рассолы не способны растворять карбонаты, но в местах миграции агрессивных компонентов (углекислоты, сероводорода, хлора и др.) развивается вторичная пористость и улучшаются коллекторские свойства карбонатных толщ. За счет ионного обмена происходят доломитизация или раздоломичивание.

В заключение отметим, что в зоне гипергенеза на глубинах до 3—5 км под влиянием биолого-климатического, петрографического, геолого-структурного, гидрогеологического факторов образуются различные остаточные, инфильтрационные и даже осадочные минеральные ассоциации. В растворимых породах создаются карстовые формы. В результате обессоливания, а ближе к поверхности — десульфатизации изменяется структура слоистой толщи, развиваются нетектонические деформации. Гипергенез порождает метасоматиты разного рода — трансформационные, заменные, смешанные, но полностью не сводится к биолого-химическим или физико-химическим изобъемным преобразованиям коренных пород и рыхлых отложений. Так, итогом карстообразования и контактово-карстового процесса является накопление субтерральных отложений, которые, как правило, преобразованы выщелачивающим или инфильтрационным метасоматозом.

Изменение термодинамических и гидрогеологических условий от земной поверхности на глубину имеет следствием зональное распространение продуктов гипергенеза. В классическом случае наблюдаются три охарактеризованные подзоны, но верхняя может не сохраниться (или не развиваться) из-за интенсивной денудации. В конкретных телах обычно проявлена неоднородность состава, вплоть до микроуровня. Поэтому в двух верхних подзонах предлагается различать остаточные, инфильтрационные, осадочные и смешанные генотипы континентальных образований. Нижняя подзона сложена свежими породами, в которых преобразования фиксируются в отдельных агрегатах, зернах и внутри кристаллов.

СЕДИМЕНТОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ КЛАССИФИКАЦИИ ГЛЯЦИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

А. И. ГАЙГАЛАС, д-р геол.-мин. наук

Гляцигенные (моренные) отложения плейстоценового возраста широко распространены в северном полушарии. Они слагают самую верхнюю часть осадочного покрова, поэтому их необходимо учитывать при хозяйственном освоении территории, а значит, разработка основ для общепринятой классификации такого рода отложений имеет и практическое, и теоретическое значение. Седиментация подчиняется диалектическим законам природы, следовательно, соответствующие теоретические построения можно успешно использовать как методологическую основу для дальнейшего разностороннего геологического исследования. Однако, ледниковая (гляцигенная) седиментация (гляциоседиментация) плейстоцена изучена крайне недостаточно по сравнению с подобными процессами в дочетвертичных системах.

Имеющиеся классификации рассматриваемых отложений основываются, как правило, на частных признаках, существенных для отдельных отраслей практической деятельности и исследований. Наиболее полно разработана генетическая классификация континентальных образований¹, в которой весьма точно выполнены систематизация и выделение таксонов. Однако эта классификация недостаточно детализирует гляцигенные отложения в седиментологическом отношении. Кроме того, выделяемые ледниковые, водно-ледниковые и межледниковые генетические типы часто рассматриваются без учета их внутренней связи. Так, отдельно производится классифицирование донно-моренных, конечно-моренных, флювиогляциальных, лимногляциальных и тому подобных отложений. При этом игнорируется их взаимообусловленность, а в результате делается неверный вывод о самостоятельности этих парагенетических групп отложений. По динамике образования выделяются основная, абляционная и краевая морены². Детальную классификацию динамических фаций основных морен предложил Ю. А. Лаврушин³.

¹ См.: Ганешин Г. С., Минина Е. А., Хотина Е. Б., Чемяков Ю. Ф. Общая генетическая классификация четвертичных отложений.— В кн.: Четвертичная геология и геоморфология. Л., 1982; Раукас А. Плейстоценовые отложения Эстонской ССР.— Таллин, 1978; Шанцер Е. В. Очерки учения о генетических типах континентальных осадочных образований.— М., 1966.

² См.: Шанцер Е. В. Очерки учения о генетических типах континентальных осадочных образований.

³ См.: Лаврушин Ю. А. Строение и формирование основных морен материковых оледенений.— М., 1976.

Классификация моренных отложений в течение ряда лет разрабатывается рабочей группой по генетической классификации морен и критериям их выделения при Комиссии по генезису и литологии четвертичных отложений ИНКВА, которой руководит А. Дрейманис⁴. С использованием результатов исследований отечественных и зарубежных литологов и седиментологов делается попытка гляциоседиментационного изучения плейстоценовой толщи, сформированной материковым оледенением, а также проводится систематизация гляцигенных отложений.

Таксоны низкого ранга (фазии) устанавливаются на основе анализа условий моренообразования в современных ледниках. Формирование гляцигенных отложений, как и вообще сбломочных, определяется динамическими процессами, характер которых мало изменился от кембрия до современности. Многие признаки гляцигенных отложений складываются в процессе транспортировки их ледником. Формирующиеся морены выделяются в качестве отдельной группы подвижных (неотложенных) морен. Процесс седиментации морен происходит дифференцированно. Они отлагаются непосредственно ледником на субстрате при его движении вперед, стабилизации и омертвлении, в процессе субгляциального, интрагляциального и супрагляциального вытаивания из толщи льда, а также при таянии края ледника, в результате некоторой седиментационной переработки и перемещения вытаивающего моренного материала. Эти обстоятельства дают возможность среди группы отложенных морен выделить первичные, или ортоморены, и вторичные, или алломорены.

Таким образом, под гляцигенными седиментами (моренами) понимаются отложения, сформированные, перенесенные и отложенные ледником или отлагавшиеся из ледника при его таянии и незначительной трансформации (переотложении) другими процессами. При сильном перемывании, дифференциации и перемещении водой первичного моренного материала образуются водно-ледниковые отложения, которые можно подразделить на флювиогляциальные (потоколедниковые) и лимногляциальные (озерно-ледниковые) в зависимости от динамических условий⁵. Эти морены служат исходным материалом для формирующихся водно-ледниковых отложений. Гляцигенные отложения подвергаются пос-

⁴ См.: Dreimanis A. Genetic classification of tills and criteria for their differentiation.— In: INQUA Commission on Genesis and Lithology of Quaternary Deposits. Report of activities 1977—1982. Zürich, 1982.

⁵ См.: Шанцер Е. В. Очерки учения о генетических типах континентальных осадочных образований.

леседиментационным изменениям: уплотнению, цементированию, выветриванию и т. п. Это даст возможность выделить последовательно измененные морены. Процессы, перерабатывающие отложенные морены, наиболее полно отражены в классификации Е. В. Рухиной⁶.

При построении седиментологической классификации гляцигенных отложений необходимо учесть источники и способ попадания обломочного материала в ледник, способ транспортировки и место накопления в леднике подвижных морен, особенности освобождения моренного материала из льда и участие других геологических агентов (кроме льда) при осадении морен. В этом отношении классификация для основных морен в наиболее законченном виде была разработана А. Дрейманисом, который обобщил результаты работы руководимой им рабочей группы по генетической классификации морен за 1977—1982 гг.⁷ Факторы, влияющие на формирование и осадение морен не только основных, но и краевых (конечных), показаны на рис. 1.

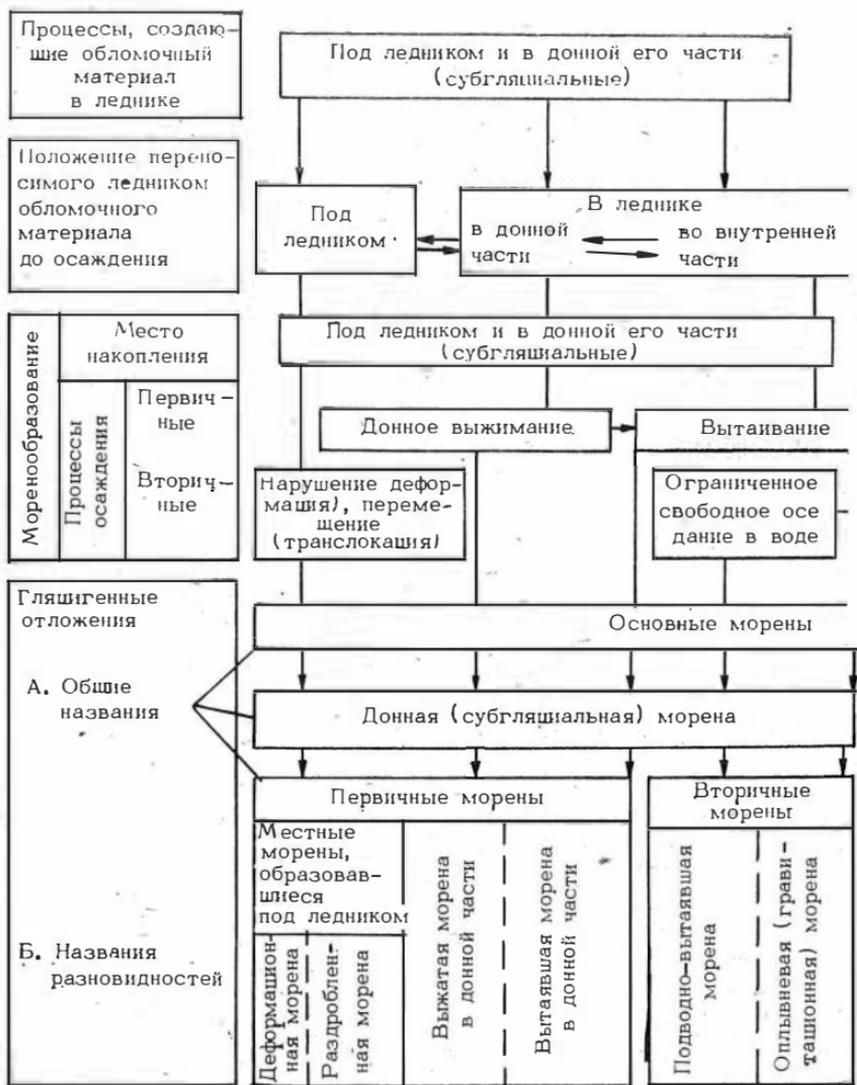
Процесс седиментации основных и краевых (конечных) морен целесообразно рассматривать как единый⁸. Материал для подвижных морен поступает в ледниковую толщу из пород подстилающего субстрата в результате ледникового выпайивания в донной и фронтальной частях. Указанные выше факторы обуславливают появление общих видов гляцигенных отложений: основных морен (донных и поверхностных) и краевых (конечных). Внутри каждого вида, в зависимости от степени седиментационной переработки гляцигенного материала под влиянием других факторов, выделяются первичные и вторичные морены. Эти подвиды имеют несколько седиментационных разновидностей.

Конечные напорные морены иногда сложены чешуями сингенетической донной морены, а насыпные и намывные конечные морены образуются также за счет материала донной морены того же самого ледникового покрова при сползании, оплывании и перемывании. Напорные и выдавленные конечные морены относятся к группе первичных, а насыпные и намывные — к вторичным. Таким образом, взаимосвязанный процесс подготовки, транспортировки и седиментации ледниковых отложений приводит к появлению двух разобщенных групп морен: основных и конечных, которые

⁶ См.: Рухина Е. В. Литология ледниковых отложений.— Л., 1973.

⁷ См.: Dreimanis A. Genetic classification of tills and criteria for their differentiation.

⁸ См.: Кудабя Ч. О генезисе литофаций краевых ледниковых образований.— Науч. тр. вузов ЛитССР. Сер. Геогр., 1980, вып. XVI.



различаются по своим литоморфологическим показателям и пространственному положению относительно оставившего их ледникового покрова.

Донные (субгляциальные) и поверхностные (супрагляциальные) морены, сливаясь, образуют единый горизонт основной морены, который можно расчленить на отдельные генетические разновидности только после детального седиментационного изучения, включающего анализ структур и текстур, исследование вещественного состава и других свойств

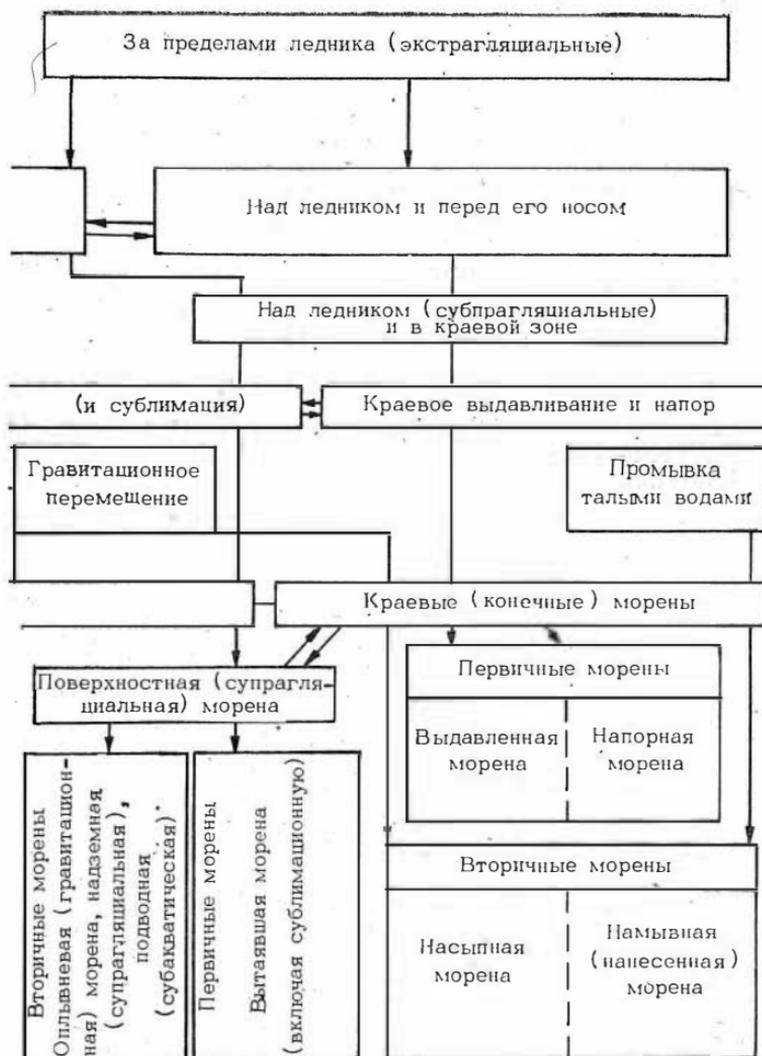


Рис. 1. Классификация гляцигенных (моренных) отложений.

отдельных единиц моренного горизонта. Учитывая данные таких исследований, седиментационные разновидности основных морен можно установить по макротекстурам, микротекстурам в шлифах, по характеру сланцеватости, по степени упорядоченности обломков, по петрографо-минералогическому составу и т. п.⁹

⁹ См.: Гайгалас А. Структура, текстура и генетические разновидности основных морен. — В кн.: Строение и морфогенез Средне-Литовской моренной равнины. Вильнюс, 1971.

Абляционные морены мы не выделяем в самостоятельный вид. Они включены в подгруппу поверхностных (супрагляциальных) морен, которые возникают под влиянием многих факторов, в том числе и абляции. В эту же подгруппу входят и сублимационные морены, по своему образованию близкие к абляционным моренам. Надо отметить, что некоторые исследователи понимают процесс абляции очень широко, поэтому все виды поверхностных морен они иногда называют просто абляционными моренами, указывая на широкое распространение последних в краевых ледниковых образованиях. В природе поверхностные основные морены часто мощным слоем покрывают краевые ледниковые образования¹⁰, которые связывают краевые (конечные) морены с горизонтом основных морен, в котором существенное значение имеют донные морены.

В плейстоцене в результате повторявшихся оледенений гляциоседиментация носила ритмичный характер¹¹. Поэтому в реально существующих разрезах плейстоценовых отложений ледниковой области отмечается несколько гляциоседиментационных циклов, в которых наблюдается закономерная ассоциация гляцигенных отложений. Обычно гляциоседиментационный цикл состоит из нескольких этапов (рис. 2). Первый — прогрессивный — связан с нарастанием ледника. В это время в ледниковой толще формируются моренный материал и подвижные морены, возникают деформационные и раздробленные местные морены под ледником из пород субстрата и отлагаются базальные (донные) морены на субстрате под подошвой ледника. На регрессивном этапе происходит освобождение и вытаивание морен, а также проявляются вторичные процессы, формирующие вторичные морены (оплывневые, подводного вытаивания и др.). При таянии ледникового края в этот период возникают насыпные и намывные краевые (фронтальные или маргинальные) морены. Это дало нам повод выделить морены прогрессивного и регрессивного этапов ритма. Регрессивный этап гляциоседиментогенеза отделен от прогрессивного этапом стабилизации ледникового покрова. Гляциоседиментационный анализ показывает естественную закономерную связь гляцигенных отложений с водно-ледниковыми (флювио-

¹⁰ См.: Гайгалас А. П., Мелешке М. П. Фауна морен краевых ледниковых образований Дзукской возвышенности.— Науч. тр. вузов ЛССР. Сер. Геол., 1983, вып. 4.

¹¹ См.: Гайгалас А. П. Гляциоседиментационные циклы плейстоцена Литвы.— Вильнюс, 1979.

Этапы развития оледенения		Преобладающие процессы	Колонка отложений	Литологические типы
Территория свободна от льда		Межледниковая речная, морская, озерная, болотная, ветровая переседиментация		Гиттин, торф, карбонатные туфы, алевроиты и другие отложения с органическими остатками
Регрессивный	Ледник отступает	Эрозия и денудация		Валуны, галька
		Аккумуляция водно-ледниковых отложений		Ленточные глины Слоистые пески
		Формирование насыпной и намывной морен		Гравий и галечники
Стабилизационный	Территория перекрыта ледником	Формирование опльвневых морен		Моренные супеси и пески
		Оседания вытаявших морен		Моренные суглинки и супеси
		Аккумуляция донной морены		Моренные суглинки и глины
Прогрессивный	Ледник надвигается	Формирование выжатых и базальных морен		Моренные суглинки и глины
		Образование выдавленных и напорных краевых морен		Складчатые дислокации, чешуи и отторженцы морен и других пород субстрата
		Формирование местных (деформационной и раздробленной) морен		Местные деформированные и раздробленные породы
		Экзараша		Ленточные глины
		Эрозия		Песок
		Подпруживание	Гравий, галька, валуны	

Рис. 2. Гляцигенный цикл седиментации.

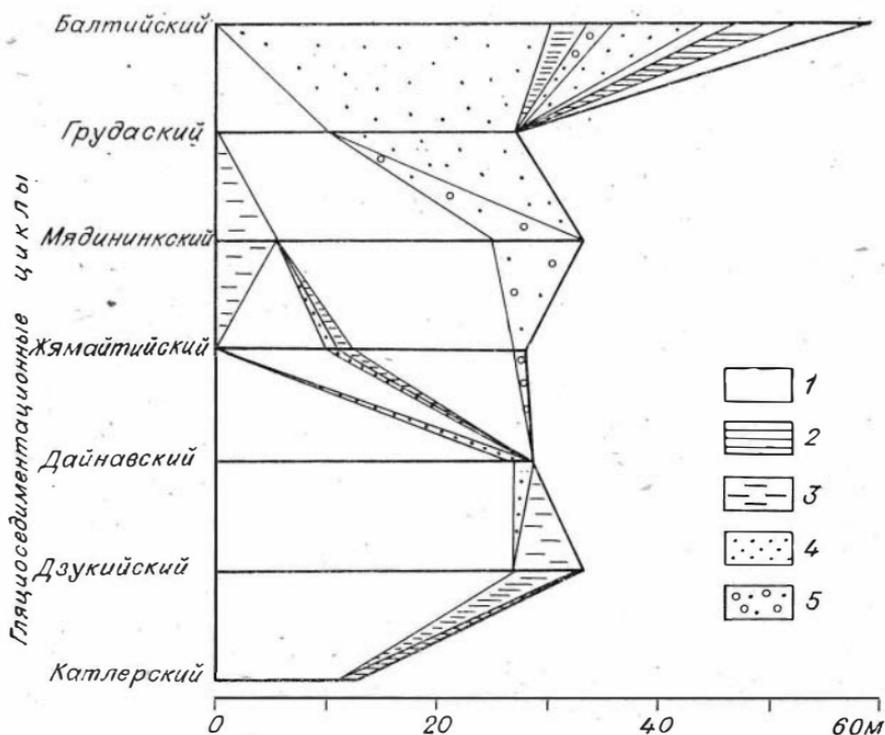


Рис. 3. Циклодиаграмма плейстоценовой толщ по скважине Шатрия в Лтве.

1 — моренные суглинки и супеси; 2 — ленточные глины; 3 — алевриты; 4 — пески; 5 — песчано-гравийные отложения.

гляциальными и лимногляциальными), а также с межледниковой седиментацией внутри одного гляциоседиментационного цикла.

Ледниковая седиментация часто осложняется повторяющимися отступлениями и новыми нашествиями ледникового покрова. В зависимости от их масштаба и продолжительности эти процессы можно подразделить на стадийные, фазисальные, рецессионные и осцилляторные. Соответственно этапам развития ледникового покрова выделяют разные ранги гляцигенных отложений. Гляцигенная седиментация связывается также со структурно-морфологическими единицами ледникового покрова (потоками, лопастями, языками, лобусами), с динамической активностью (активный, пассивный и мертвый лед) и т. д. Границы комплексов, слоев и прослоев ледниковых отложений обычно имеют следы седиментационных перерывов, поверхности экзарирования и деформирования, эрозионные перерывы и денудационные выровненные пло-

Система	Раздел	Звено (подраздел)	Надгоризонт	Горизонт	Подгоризонт	Абсолютный возраст, тыс. лет	
Четвертичная (антропогенная)	Голоцен	Голоцен				10	
							Плейстоцен
	Лясциемский межстадияльный	Грудакский стадияльный					
	Вардувский ледниковый		70				
	Йоненский перигляциальный						
	Мяркинский межледниковый		100				
	Средний	Уганди-ский	Мядининский ледниковый		200		
			Снайзупельский межледниковый				
			Жямайтйский ледниковый		300		
			Бутенайский межледниковый		400		
			Нижний	Литовский	Дайнавский ледниковый	Верхний стадияльный	
	Средний межстадияльный						
	Нижний стадияльный						
	Туряляйский межледниковый				600		
	Катлерский (Вильюсский)	Литовский			Дзукийский ледниковый	Верхний стадияльный	700
						Средний межстадияльный	
						Нижний стадияльный	
			Межледниковый				
Ледниковый		800					
Эоплейстоцен	Даумантайский		Гильяйский холодный	1800			
			Шлялисский теплый				
			Юндзиковский холодный				
			Шлавеский теплый				
			Шлавенайский холодный				
Неогеновая	Плиоцен			Верхний плиоцен (Аникицяйский горизонт)			

Рис. 4. Стратиграфическая схема четвертичных отложений Балтийского региона.

щади. Гляцигенная седиментация завершается последующей переседиментацией в условиях умеренного климата в районе водных бассейнов межледникового периода.

Виды фаций морен зависят от степени активности ледника. Активный ледник формирует преимущественно дефор-

мационные и раздробленные местные морены, морены донного выжимания, папорные и выдавленные конечные морены. При пассивном состоянии ледника более широко образуются вытяжные морены. Оплывные, насыпные и намывные морены возникают, когда ледник переходит в состояние мертвого льда и подвергается интенсивному таянию.

В разрезах плейстоценовых отложений выделить седиментационные разновидности гляциенных отложений весьма трудно — это требует чрезвычайно детальных исследований. Для литостратиграфических и геологических целей иногда вполне достаточно выявить комплекс гляциенных отложений одного гляциоседиментационного цикла. Выделение таких комплексов отложений осуществляют по разрезам буровых скважин, а гляциоседиментационные циклы показывают на циклодиаграммах (рис. 3). Каждый гляциоседиментационный цикл представлен взаимосвязанными типами отложений — водо-ледникового и собственно ледникового генезиса. Циклы связаны с бывшими плейстоценовыми оледенениями территории или крупными стадиями этих оледенений.

Гляциоседиментационное расчленение толщи ледниковых отложений плейстоцена является основой для стратиграфических построений, местных и региональных стратиграфических схем. Такое гляциоседиментационное обоснование выполнено нами для стратиграфической схемы ледниковой формации Прибалтики (рис. 4). В свободном разрезе выделяются семь гляциоседиментационных циклов, расчлененных экзарационными, эрозивными, денудационными и седиментационными перерывами. Отложения каждого гляциоседиментационного цикла снизу ограничены эрозивными и экзарационными перерывами, сверху — эрозивными или денудационными. Переход в межледниковую седиментацию обычно обозначен седиментационным перерывом. Материал для неледникового седиментогенеза в межледниковое время поступал из подстилающих отложений гляциоседиментационного цикла. Поэтому межледниковое осадконакопление нами рассматривается как переседиментация материала и продолжение предыдущего гляциоседиментационного цикла. Следовательно, границы основных стратиграфических подразделений целесообразно проводить по подошве отложений нового гляциоседиментационного цикла, а не по подошве межледниковых отложений, как сейчас принято.

Учет седиментационных особенностей гляциенных отложений помогает не только провести их более универсальную и адекватную классификацию, но также обеспечивает обоснование стратиграфических построений.

**БИБЛИОГРАФИЯ ПО МЕТОДОЛОГИЧЕСКИМ
И ФИЛОСОФСКИМ ВОПРОСАМ ГЕОЛОГИИ
(1978—1983 гг.)***

- Аметов И. М., Гайворонский П. Н.** Гипсогеологические проблемы нефтегазопромысловой науки.— В кн.: Научная конференция, посвященная 110-летию со дня рождения В. И. Лешина, 15—16 апр. 1980 г. Сыктывкар, 1981, с. 55—56.
- Анатольева А. И.** Метод актуализма в геологии.— В кн.: Методологические и философские проблемы геологии. Новосибирск, 1979, с. 255—276.
- Андреева И. А.** Геология и мировоззрение.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1983, № 9, с. 161—165.
- Архипов А. Я.** Задачи геологической науки и некоторые вопросы методологии в свете решений XXV съезда КПСС.— История и методология естественных наук, 1979, № 23, с. 3—7.
- Асадова Р. Г., Данков Е. Б.** Об отражении на уровне кристаллогенеза.— Изв. АзССР. Сер. истории, философии и права, 1979, № 4, с. 92—100.
- Аслаян А. Т.** К аксиоматике геологической науки.— Изв. АН АрмССР. Науки о Земле, 1980, т. 33, № 4, с. 3—14.
- Астапова О. Д.** Нравственный аспект связи науки и техники.— Метод. и социальные пробл. техники и техн. наук, 1976, вып. 3, с. 315—320.
- Бакиров А. Б.** Антикванзм — метод, противоположный актуализму.— Изв. АН КиргССР, 1982, № 3, с. 12—16.
- Баладин Р. К.** Геологическая деятельность человечества: Техногенез.— Минск: Вышэйша школа, 1978.— 303 с.
- Белевцев Я. И., Лялько В. И., Сорокина Т. И.** Об оценке эффективности геологических исследований.— Геол. журн., 1980, № 2, с. 77—83.
- Белоусов А. Ф.** Системный анализ в науках о Земле.— Геология и геофизика, 1979, № 9, с. 3—12.
- Белоусов А. Ф.** Системный подход и некоторые методологические проблемы исследования геолого-географических формаций.— В кн.: Методологические и философские проблемы геологии. Новосибирск, 1979, с. 276—307.

* Составлена в библиотеке Института геологии и геофизики СО АН СССР им. 60-летия Союза ССР Д. Х. Гик. Библиографию за 1954—1977 гг. см. в кн.: Методологические и философские проблемы геологии.— Новосибирск, 1979, с. 326—365.

- Беляев Е. А., Онопрненко В. И. Специфика абстрагирования при изучении геологического объекта.— Докл. АН УССР. Сер. Б. Геол., хим. и биол. науки, 1979, № 1, с. 3—6.
- Богацкий В. В. Методологические основы геологических теорий (моделей).— В кн.: Принципы тектонического анализа. Владивосток, 1977, с. 5—11.
- Божко Н. А., Хаин В. Е. О методах теоретической геологии.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1981, № 5, с. 146—148.
- Боровиков А. М. Направления и пути формализации геологии.— В кн.: Методология геологических наук. Киев, 1979, с. 100—114.
- Бурдэ А. И. Некоторые аспекты взаимосвязи региональной геологии и технических наук.— Методол. и социальные пробл. техники и техн. наук, 1976, вып. 3, с. 96—100.
- Быховский А. В. Научно-техническая революция и учение В. И. Вернадского о преобразовании биосферы.— В кн.: Идеино-теоретические проблемы научно-технического прогресса: Материалы Всесоюзной научной конференции. Свердловск, 1978. Вып. 2. Свердловск, 1978, с. 156—162.
- Василевский Б. Ф. Некоторые особенности геологической формы движения материи и развития Земли.— Науч. тр. Ташк. ун-та, 1974, вып. 438, с. 10—21.
- Васильев В. И., Драгунов В. И., Рундквист Д. В. «Парагенезис минералов» и «формация» в ряду образований различных уровней организации.— Зап. ВМО, 1972, вып. 3, с. 281—289.
- Вассоевич Н. Б., Иванов А. Н. К истории учения о биосфере.— В кн.: Методология и история геологических наук. М., 1977, с. 57—94.
- Вассоевич Н. Б., Иванов А. Н. О биосфере и мегабиосфере.— Журн. общ. биологии, 1983, т. 49, № 3, с. 291—303.
- Веклич М. Ф. К основам методологии наук о Земле.— В кн.: IV съезд Географического общества УССР. Киев, 1980, с. 16—18.
- Вески Р. О косном, живом и мертвом веществах биосферы, по В. И. Вернадскому и представлениям биогеологии.— Изв. АН ЭССР. Химия, 1983, № 1, с. 70—77.
- Высоцкий Б. П. Геонимия (происхождение термина и содержание понятия).— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1971, № 10, с. 145—146.
- Высоцкий И. В. Основы методологии геологической науки о нефти.— В кн.: Теоретические и методологические вопросы геологии нефти и газа. Новосибирск, 1981, с. 47—55. (Тр. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР, вып. 512).
- Вяккерев Ф. Ф. Особенности методологической функции материалистической диалектики в развитии конкретно-научных теорий.— Методол. и социальные пробл. техники и техн. наук, 1976, вып. 3, с. 199—202.
- Гвозданный В. А. О методологическом значении понятия «геологическая среда».— В кн.: Проблемы взаимодействия общества и природы. М., 1978, с. 17.
- Гвозданный В. А. Роль и значение геологической среды в процессе взаимодействия общества и природы.— В кн.: Методологические и социальные проблемы развития науки. М., 1979, с. 31—38.
- Гик Д. Х., Нестерова З. Ф. Библиография по философским и методологическим проблемам геологии (1954—1977 гг.).— В кн.: Методологические и философские проблемы геологии. Новосибирск, 1979, с. 326—365.
- Гиренюк Ф. И. Теоретический смысл «единой науки» в концепции ноосферы В. И. Вернадского.— Вести. Моск. ун-та. Сер. 7. Философия, 1980, № 1, с. 51—57.

- Гладников Ю. Б. Экосистемный подход в стратиграфии.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1978, № 1, с. 5—23.
- Горак С. В. Классификация и характеристика уровней развития геологической науки.— Геол. журн., 1981, т. 41, № 1, с. 27—37.
- Горак С. В. Некоторые аспекты проблемы времени в геологии.— Геол. журн., 1983, № 5, с. 51—61.
- Горак С. В. Проблемы эмпирии и теории в геологической науке.— Геол. журн., 1980, т. 40, № 1, с. 35—43.
- Гордеев Д. И. Из литературы ГДР по вопросам истории и философии геологических наук.— История и методология естеств. наук, 1979, № 23, с. 132—142.
- Гордеев Д. И. Общие законы развития науки (на примере геологии).— В кн.: Проблемы гидрогеологии и инженерной геологии. Минск, 1978, с. 7—16.
- Гордеев Р. А. Проблема иерархии рудных объектов и вопросы прогнозирования.— В кн.: Методология геологических исследований. Владивосток, 1976, с. 150—153.
- Громин В. И. Реконструкции в структурной геологии.— В кн.: Методология геологических исследований. Владивосток, 1976, с. 177—185.
- Давиденко В. В. Уровневый подход при геологических исследованиях.— В кн.: Методология геологических исследований. Владивосток, 1976, с. 122—129.
- Дадашев Х. Г. О геологической гипотезе.— Учен. зап. Азерб. ун-та Сер. ист. и филос. наук, 1977, № 6, с. 33—37.
- Доброхвалов С. В. Философский анализ взаимосвязи принципов симметрии и развития в науках о Земле. Автореф. дис. на соискание учен. степ. канд. филос. наук.— М., 1978.— 20 с.
- Друшиц В. В. О некоторых проблемах актуопалеонтологии.— Бюл. МОИП. Отд. геол., 1979, вып. 2, с. 64—75.
- Дюфур М. С. Некоторые методологические проблемы стратиграфии.— Вестн. ЛГУ. Геология и география, 1981, вып. 2, с. 5—13.
- Еганов Э. А. Системная ориентация в геологических исследованиях.— В кн.: Методология геологических наук. Киев, 1979, с. 3—21.
- Елкин Е. А. Номогенез, палеонтология и бихронология.— В кн.: Методологические и философские проблемы геологии. Новосибирск, 1979, с. 221—254.
- Енифанов Б. П. Некоторые общие вопросы теоретической геологии (три комплекса геолого-минералогических наук).— Сов. геология, 1983, № 7, с. 3—11.
- Забродин В. Ю. Время в геологии и «геологическое время».— В кн.: Методология геологических наук. Киев, 1979, с. 63—76.
- Забродин В. Ю. О логическом анализе допущений, встречающихся в геологии.— Докл. АН УССР. Сер. Б. Геол., хим. и биол. науки, 1978, № 5, с. 391—393.
- Забродин В. Ю., Кулындышев В. А. Мета модель геологической картографии.— В кн.: Методология геологических наук. Киев, 1979, с. 91—95.
- Забродин В. Ю., Кулындышев В. А., Соловьев В. А. Естественные тела и проблема объекта в геологии.— В кн.: Методологические и философские проблемы геологии. Новосибирск, 1979, с. 77—91.
- Забродин В. Ю., Оноприенко В. И. Типы моделей геологического прошлого.— Докл. АН УССР. Сер. Б. Геол., хим. и биол. науки, 1978, № 4, с. 299—302.
- Забродин В. Ю., Соловьев В. А. Иерархия геологических объектов и дизъюнктивов.— В кн.: Принципы тектонического анализа. Владивосток, 1977, с. 49—51.

- Забродин В. Ю., Соловьев В. А.** Структура геологического мира и ее отражение в классификации геологических наук.— *Вопр. философии*, 1983, № 4, с. 68—75.
- Зубков И. Ф.** Единство методологии и истории геологии.— *Изв. АН СССР. Сер. геол.*, 1979, № 2, с. 145—149.
- Зубков И. Ф.** Методологический анализ понятия «земная кора».— В кн.: *Методология и теория в геологии*. Киев, 1982, с. 122—135.
- Зубков И. Ф.** Методологическое значение принципа самодвижения для геологической теории.— В кн.: *Методологические проблемы геологии*. Киев, 1975, с. 37—44.
- Зубков И. Ф.** Природа объекта геологии и актуальные философские вопросы его познания. Автореф. дис. ...д-ра филос. наук.— М., 1979.— 51 с.
- Ивакин А. А.** Роль принципов диалектики в геологическом познании.— *Алма-Ата: Наука*, 1979.— 200 с.
- Ивакин А. А.** Роль принципов диалектики в геологическом познании. Автореф. дис. ...д-ра филос. наук.— Л., 1980.— 41 с.
- Иерархия геологических тел.** Терминологический справочник.— *Хабаровск*, 1978.— 679 с. (Ин-т тектоники и геофизики ДВНЦ АН СССР).
- Карако П. С.** Ленинские идеи о связи философии и естествознания и их методологическое значение.— *Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2. Химия, биология, география*, 1980, № 1, с. 3—8.
- Карогодин Ю. Н.** Место тектоники среди других наук о Земле.— В кн.: *Тектоника Сибири*. Т. 8. Новосибирск, 1980, с. 36—41.
- Карогодин Ю. Н.** Систематика наук о Земле (принципы).— В кн.: *Методологические и философские проблемы геологии*. Новосибирск, 1979, с. 131—150.
- Кедров Б. М.** Энгельс и Ленин о геологии. Философский очерк.— *Тр. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР*, 1981, вып. 512, с. 15—20.
- Комаров В. Н.** Методологический анализ соотношения предмета и метода в современной геологии. Автореф. дис. ...д-ра филос. наук.— Киев, 1980.— 36 с.
- Комаров В. Н.** Современная геология и «геологическая» стадия в эволюции материи.— В кн.: *Методологические и философские проблемы геологии*. Новосибирск, 1979, с. 108—125.
- Комаров В. Н.** Теоретико-методологический анализ вопроса о предмете современной геологии.— *Филос. пробл. соврем. естествознания*, 1980, вып. 49, с. 100—109.
- Комаров В. Д.** Уровни исследования взаимосвязи философии с естественными и техническими науками.— *Методол. и социальные пробл. техники и техн. наук*, 1976, вып. 3, с. 202—204.
- Косыгин Ю. А.** Методологические аспекты палеовулканологии.— *Вулканология и сейсмология*, 1980, № 4, с. 30—33.
- Косыгин Ю. А.** О структуре геологической науки.— *Вопр. философии*, 1981, № 8, с. 90—99.
- Косыгин Ю. А., Соловьев В. А.** Методологические и теоретические проблемы тектоники.— В кн.: *Методологические и философские проблемы геологии*. Новосибирск, 1979, с. 69—77.
- Краснов Е. В.** О моделировании времени в геологии и палеонтологии.— В кн.: *Моделирование и прогнозирование в биоэкологии*. Рига, 1982, с. 82—95.
- Круть И. В.** К философским основаниям интеграции знаний о Земле.— В кн.: *Философские основания науки. Материалы к VIII Всесоюзной конференции «Логика и методология науки»* 26—28 сентября 1982 г., г. Паланга. Вильнюс, 1982, с. 265—269.

- Круть И. В.** Развитие пространственных и временных аспектов теоретического знания (на примере истории геологии).— *Вопр. истории естествознания и техники*, 1979, вып. 1 (63), с. 12—19.
- Круть И. В.** Философско-методологические проблемы геологии. (Концепция уровней геосистем и интеграция знаний о Земле). Автореф. дис. ...-ра филос. наук в форме науч. докл.— М., 1982.— 47 с.
- Кузнецов В. А.** Методологические и методические разработки при геохимических исследованиях.— В кн.: Лукашев К. П., Кузнецов В. А., Лукашев В. К. Геохимическое изучение земной коры. Минск, 1977, с. 154—165.
- Куликович А. Е.** Актуальные проблемы метагеологии.— В кн.: *Методология и теория в геологии*. Киев, 1982, с. 101—116.
- Куликович А. Е.** Геологическая кибернетика и проблема искусственного интеллекта.— В кн.: *Методология геологических наук*. Киев, 1979, с. 130—144.
- Левин Б. С.** Статическая геология и соотношения геологических наук.— В кн.: *Принципы тектонического анализа*. Владивосток, 1977, с. 52—65.
- Лившиц Р. Л.** Формирование эмпирических методов научного познания (на материале геохронологии).— *Науч. докл. высш. шк. Филос. науки*, 1983, № 3, с. 148—151.
- Логика и методология системных исследований.**— Киев — Одесса: Вища школа, 1977.— 256 с.
- Лучицкий И. В.** Методологические вопросы изучения общего развития неорганической природы Земли.— В кн.: *Методологические и философские проблемы геологии*. Новосибирск, 1979, с. 33—44.
- Макаров И. Ф., Мингалев Г. С.** Некоторые аспекты понимания геологической формы движения материи. *Ред. журн. «Изв. вузов. Геол. и разведка»*.— М., 1983.— 7 с. (Рукопись деп. в ВИНТИ 15.03.83. № 1350 — 83 Деп.).
- Малахов А. Н.** Взаимосвязь естественных и технических наук в процессе формирования научного мировоззрения.— *Методол. п. социальные пробл. техники и техн. наук*, 1976, вып. 3, с. 301—304.
- Малхасян Э. Г., Карапетян Г. А.** Естественно-научные воззрения средневекового армянского ученого Анании Ширакаци.— В кн.: *Методология и история геологических наук*. М., 1977, с. 157—161.
- Маноян В. М.** Субстративистские воззрения армянских мыслителей V—VII веков.— В кн.: *Методология и история геологических наук*. М., 1977, с. 147—157.
- Маркитан Ю. П.** Использование системно-структурного подхода в физической геологии.— В кн.: *Проблемы геологии и геохимии горючих полезных ископаемых Украины*. Львов, 1982, с. 132—139.— Библиогр., 11 назв. (Рукопись деп. в ВИНТИ 3 нояб. 1982 г., № 5430 — 82 Деп.).
- Мейер С. В.** Понятие времени и типология объектов (на примере геологии и биологии).— В кн.: *Диалектика в науках о природе и человеке*. Труды III Всесоюзного совещания по философским вопросам современного естествознания. Москва, 22—24 апреля, 1981. Т. 2. М., 1983, с. 311—317.
- Мейер С. В.** Понятие «естественность» и «однозначность» в стратиграфии.— *Изв. АН СССР. Сер. геол.*, 1974, № 6, с. 79—90.
- Методологические и философские проблемы геологии.**— Новосибирск: Наука, 1979.— 367 с.
- Методология геологических наук:** Сб. науч. тр./АН УССР, Ин-т геохимии и физики минералов; (Отв. ред. А. С. Поваренных, В. И. Оноприенко).— Киев: Наук. думка, 1979.— 166 с.

- Методология и теория в геологии:** Сб. ст.— Киев: Наук. думка, 1982.— 179 с.
- Методология исследования развития сложных систем. Естественнонаучный подход/Еллисеев Э. Н., Белов Н. В., Бокий Г. Б. и др.—** Л.: Наука, 1979.— 315 с. (Ин-т геологии и геохронологии докембрия АН СССР).
- Методы теоретической геологии/И. И. Абрамович, Ю. К. Бурков, В. В. Груза и др.; Под ред. И. И. Абрамовича.—** Л.: Недра, 1978.— 335 с.
- Микулинский С. Р.** О понятии ноосферы. (К 120-летию со дня рождения В. И. Вернадского).— *Вопр. истории естествознания и техники*, 1983, № 3, с. 43—49.
- Мингалев Г. Б., Красавина И. С.** Об интуитивном компоненте в научном познании геологических явлений.— *Изв. вузов. Геология и разведка*, 1980, № 3, с. 145—147.
- Мкртчян Г. М., Мартиросян М. Я.** Проблема обеспечения правильности и единства аналитических измерений в современной геологии.— *Изв. АН АрмССР. Науки о Земле*, 1978, т. 31, № 4, с. 68—75.
- Мкртчян Г. М., Мартиросян М. Я.** Проблемные вопросы аналитических исследований в современной геологии (основные параметры аналитических методов и специфика геологических исследований).— *Изв. АН АрмССР. Науки о Земле*, 1978, т. 31, № 3, с. 83—87.
- Мороз С. А.** Геологическое понятие о биосфере.— В кн.: *Методология и теория в геологии*. Киев, 1982, с. 117—121.
- Мороз С. А., Оноприенко В. И. Ф.** Энгельс и философские проблемы геологической науки.— Киев—Одесса: Вища школа, 1983.— 184 с.
- Мочалов И. И. В. И. Вернадский и современная наука.** (По материалам одноим. дискус. в рамках III Всесоюз. совещ. по филос. вопр. соврем. естествознания. Москва, апрель, 1981 г.).— *Вопр. истории естествознания и техники*, 1981, № 4, с. 144—145.
- Назаров И. В.** К поиску новой парадигмы в геологии.— В кн.: *Логика научного поиска. Тезисы докл. к Всесоюз. симпозиуму. Свердловск, 29 нояб.—1 дек. 1977 г. Ч. 1.* Свердловск, 1977, с. 96—99.
- Назаров И. В.** Материалистическая диалектика и методы исследования в науках о Земле.— Свердловск, 1978.— 251 с. (Уральск. политехн. ин-т им. С. М. Кирова. Рукопись предст. к депонированию в ИНИОН АН СССР № 2336 от 10.08.78 г.).
- Назаров И. В.** Методология геологического исследования.— Новосибирск: Наука, 1982.— 176 с.
- Назаров И. В.** О структуре методологии наук о Земле.— В кн.: *Диалектика, логика и методология науки.* Свердловск, 1978, с. 125—134.
- Назаров И. В.** Роль материалистической диалектики в интеграции знания в науках о земле и обосновании путей их дальнейшего развития.— В кн.: *Методологические аспекты взаимодействия общественных, естественных и технических наук в свете решений XXV съезда КПСС.* М., 1978, № 3-4, с. 412—415.
- Найдин Д. П.** Актуализм. Актуогеология. Актуопалеонтология.— *Бюл. МОИП. Отд. геол.*, 1979, вып. 2, с. 49—63.
- Негодаев И. А.** Взаимосвязь технических и естественных наук в условиях научно-технической революции.— *Методол. и социальные пробл. техники и техн. наук*, 1976, вып. 3, с. 182—187.
- Неизвестнов Я. В.** Методологические основы изучения инженерной геологии арктических шельфов СССР.— *Инженерная геология*, 1982, № 1, с. 3—15.

- Пиоберг И. П. Схематизация явлений — необходимое условие математизации геологии.— В кн.: Методология геологических исследований. Свердловск, 1976, с. 18—31.
- Овчинников Л. Н. О так называемом «ускорении развития». — Изв. вузов. Геология и разведка, 1978, № 6, с. 166—172.
- Одницов М. М. Геологические науки. Проблемы и перспективы.— Новосибирск: Наука, 1980.— 80 с.
- Озмидов О. Р. Детерминизм и вероятность.— В кн.: Материалы школы-семинара «Основные проблемы геологических наук». М., 1980, с. 29—36. (Рукопись деп. в ВИНТИ 15 сент. 1980 г., № 4041—80 Деп.).
- Оноприенко В. П. Альтернатива статической и процессуальной геологии.— Докл. АН УССР. Сер. В. Геол., хим. и биол. науки, 1978, № 12, с. 1072—1075.
- Оноприенко В. И. Методологический анализ временного аспекта геологического исследования. Автореф. дис. ...-ра филос. наук.— Минск, 1979.— 45 с.
- Оноприенко В. И. Природа геологического исследования.— Киев: Наук. думка, 1981.— 158 с.
- Оноприенко В. И. Проблема построения теории геологических объектов, изменяющихся во времени.— В кн.: Методология и теория в геологии. Киев, 1982, с. 22—33.
- Оноприенко В. И. Современная концепция минералогического знания.— Докл. АН УССР. Сер. В. Геол., хим. и биол. науки, 1982, № 6, с. 35—38.
- Оноприенко Ю. И. Эволюционная палеонтология и теория информации.— В кн.: Методология геологических наук. Киев, 1979, с. 114—130.
- Пал И. С. Вопросы взаимодействия общества и природы в курсе марксистско-ленинской философии (из опыта преподавания кафедры философии и научного коммунизма МГРИ им. С. Орджоникидзе).— Изв. вузов. Геология и разведка, 1982, № 2, с. 155—158.
- Поярков Б. В. Об общих принципах проведения границ естественных тел на геолого-географическом уровне организации вещества.— Владивосток, 1981.— 35 с. (Препринт Тихоокеанск. ин-та геогр.).
- Проблемы времени в геологии: /Сб. статей/.— Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1979.— 150 с.
- Проблемы эволюции геологических процессов.— Новосибирск: Наука, 1981.— 206 с. (Тр. Ин-та геологии и геофизики СО АН СССР, вып. 517).
- Пронин Н. Н. Геологическая карта как модель.— В кн.: Философско-методологические и социологические аспекты развития науки в условиях НТР. М., 1982, с. 45—49.
- Пронин Н. Н. Соотношение эмпирического и теоретического знания в науках о Земле.— Науч. докл. высш. школы. Филос. науки, 1980, № 2, с. 45—52.
- Равикович А. И. Исследования по истории геологических наук.— Вопросы истории естествознания и техники, 1978, вып. 3 (60), с. 49—56.
- Развитие учения о времени в геологии/В. И. Оноприенко, К. В. Симанков, С. В. Мейен и др.— Киев: Наук. думка, 1982.— 413 с.
- Ремизов И. Н. Современное состояние фиксизма и немобилизма в геотектонике: Учеб. пособие.— Харьков: ХГУ, 1982.— 111 с.
- Ронов А. Б. Принципы сохранения жизни в ходе геологической эволюции Земли.— Природа, 1978, № 4, с. 30—41.
- Рузавин Г. И. Научная теория. Логико-методологический анализ.— М.: Мысль, 1978.— 244 с.

- Рыбин А. П.** К характеристике предмета метагеологии.— Изв. АН АрмССР. Науки о Земле, 1981, т. 34, № 3, с. 72—76.
- Сергеев Е. М.** Геологическая деятельность человека.— Вестн. АН СССР, 1979, № 5, с. 18—23.
- Симаков К. В.** Некоторые философские и методологические аспекты теории геологического времени.— В кн.: Методологические и философские проблемы геологии. Новосибирск, 1979, с. 151—182.
- Симаков К. В.** Одновременность геологических событий и «проблема стратиграфических границ».— В кн.: Методология геологических наук. Киев, 1979, с. 47—63.
- Симаков К. В., Опоириенко В. П.** К постановке проблемы построения теории времени в геологии.— Тектоника и стратиграфия: Респ. межвед. сб., 1977, вып. 2, с. 10—16.
- Симанов А. Л.** Геологическая форма движения материи в свете данных философии и естествознания.— В кн.: Методологические и философские проблемы геологии. Новосибирск, 1979, с. 125—131.
- Системный подход в геологии: (Теорет. и прикл. аспекты).** Всесоюз. конф., 17—19 мая 1983 г. Тез. докл.— М.: Б. п., 1983.— 323 с.
- Смирнов Б. И.** О системном подходе к геологическим явлениям в трудах В. И. Вернадского.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1981, № 5, с. 124—131.
- Смирнова А. С.** Рудные формации в системе геологического знания и их аналитическое представление.— Изв. вузов. Геология и разведка, 1983, № 9, с. 167—171.
- Соколов Б. С.** Стратисфера Земли и история жизни.— В кн.: Методологические и философские проблемы геологии. Новосибирск, 1979, с. 44—68.
- Социальные, гносеологические и методологические проблемы геологических наук/Зубков И. Ф., Парнюк М. А., Поваренных А. С. и др.**— Киев: Наук. думка, 1979.— 343 с.
- Структура и логика геологического познания/Тевелев Ар. В., Васильев В. М., Кошелева П. А., Тевелев Ал. В.**— В кн.: Материалы школы-семинара «Основные проблемы геологических наук». М., 1980, с. 2—15. (Рукопись деп. в ВИНТИ 15 сент. 1980 г.; № 4041 — 80 Деп.).
- Султанходжаев А. Н., Потоцкий В. В., Тыминский В. Г.** О роли научных открытий в геологии.— Узб. геол. журн., 1980, № 4, с. 75—81.
- Сягаев Н. А., Сягаева Е. Н.** О диалектике геологической среды.— История и методология естественных наук, 1979, № 23, с. 17—25.
- Тамразян Г. П.** Этюды о закономерных тенденциях в распределении масс в Земле.— Изв. АН АрмССР. Науки о Земле, 1978, т. 31, № 3, с. 3—12.
- Тихомиров В. В.** Взаимосвязь геологических и технических наук.— Методол. и социальные пробл. техники и техн. наук, 1976, вып. 3, с. 84—87.
- Трифонов Г. Ф.** Категории «периодичность», «цикличность» и «ритмичность» в геологии.— История и методология естественных наук, 1979, № 23, с. 143—147.
- Трифонов Г. Ф.** Становление идей революции в литологии.— В кн.: Формирование научного мировоззрения. Чебоксары, 1980, с. 129—137.
- Трофимук А. А.** Геологическая наука в эпоху научно-технической революции.— В кн.: Методологические и философские проблемы геологии. Новосибирск, 1979, с. 10—16.
- Федоров В. М.** Концепция биосферы — ноосферы и научная картина мира: К 120-летию со дня рождения В. И. Вернадского.— Вестн. Моск. ун-та. Сер. 7. Философия, 1983, № 3, с. 7—15.

- Федоров Е. К. Мир как условие оптимизации отношений человека и природы.— Вopr. философии, 1981, № 3, с. 80—96.
- Философия, естествознание, современность: Итоги и перспективы исследований 1970—1980 гг.: Сб. статей.— М.: Мысль, 1981.— 351 с.
- Философские проблемы современного естествознания: Респ. межвед. науч. сборник.— Киев: Вища школа. Вып. 43.— 1977.— 148 с.; Вып. 49.— 1980.— 152 с.
- Философско-методологические и социологические аспекты развития науки в условиях НТР.— М.: МГУ, 1982.— 78 с.
- Формы геологических тел (терминологический справочник)/Под ред. Ю. А. Косыгина и др.— М.: Недра, 1977.— 247 с.
- Фролов И. Т. Жизнь и познание.— М.: Мысль, 1981.— 266 с.
- Фурман А. Е., Ливанова Г. С. Круговороты и прогресс в развитии материальных систем.— М.: МГУ, 1978.— 207 с.
- Халемин В. Н. Развитие комплексной геологической формы материи.— В кн.: Областная отчетная научная конференция: Секция обществ. наук. Пермь, 1983, с. 130—132.
- Халемин В. Н. Характеристика геологической формы материи.— В кн.: Областная отчетная научная конференция: Секция обществ. наук. Тез. докл. Пермь, 1981, с. 66—67.
- Халфин Л. Л. Дарвинизм, омогенез, международная стратиграфическая шкала (МСШ).— В кн.: Методологические и философские проблемы геологии. Новосибирск, 1979, с. 198—221.
- Хомизури Г. П. Страбон о движении земной коры.— В кн.: Методология и история геологических наук. М., 1977, с. 161—172.
- Чудинов Э. М. Природа научной истины.— М.: Политиздат, 1977.— 312 с.
- Чусовитин А. Г., Еганов Э. А. Теория отражения и геология.— В кн.: Методологические и философские проблемы геологии. Новосибирск, 1979, с. 91—107.
- Шаранов И. П. О геологических теориях.— Геол. журн., 1983, № 6, с. 87—100.
- Шаранов И. П. Проблема законов геологии.— В кн.: Методология геологических наук. Киев, 1979, с. 21—32.
- Шафрановский И. И. Особенности развития науки о кристаллах.— В кн.: Методология и история геологических наук. М., 1977, с. 94—103.
- Шевеленко А. Я. Под покровом геомантии (страницы предыстории науки).— Вopr. истории, 1979, № 11, с. 111—121.
- Шило Н. А. Фундаментальные исследования и научно-технический прогресс.— Вopr. философии, 1983, № 4, с. 40—58.
- Штофф В. А. Проблемы методологии научного познания.— М.: Высшая школа, 1978.— 269 с.
- Энгельс и современное естествознание.— Киев: Наук. думка, 1979.— 338 с.
- Ф. Энгельс об историзме геологии и методологические вопросы изучения геологических процессов.— В кн.: Ф. Энгельс и современное естествознание. Киев, 1979, с. 196—211.
- Яшин А. Л. Геология: история и современное состояние.— В кн.: Методологические проблемы современной науки. М., 1979, с. 104—113.
- Яшин А. Л. Развитие геологии и ее современные особенности.— В кн.: Методологические и философские проблемы геологии. Новосибирск, 1979, с. 16—93.

ИМЕННОЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Абрамов И. И. 72
 Авербух А. Г. 192
 Агрикола 158
 Айзатуллин Г. А. 148
 Айзекс Б. С. 20
 Айнемер А. И. 235, 239
 Александер С. 87
 Александров Ю. А. 123
 Алисси 158
 Апаньев А. Р. 71
 Апатольева А. И. 94, 99
 Апкинович С. Г. 186
 Архангельский А. Д. 6, 217
 Афанасьев С. Л. 241, 243, 244, 246, 247, 256—258
 Афанасьев Т. В. 72, 126
 Ахмеджанов М. А. 184
- Базилевич Н. И. 78
 Бакиров А. Б. 184
 Баратов Р. Б. 184
 Баскагов М. П. 210
 Батурин В. П. 6
 Бгатов В. И. 117
 Беженцев А. Ф. 174, 176
 Безруков П. Л. 185
 Белевцев Р. Я. 123
 Белевцев Я. Н. 123
 Белов Н. В. 30, 200
 Белоусов А. Ф. 47, 50, 219, 221, 224, 225, 233, 234
 Беммелем Р. В. (Bemmelem R. W.) 90
 Берксон А. 87
 Берталанфи Л. 147
 Богданов А. А. 236
 Богданов М. Н. 83
 Богданов Ю. А. 186
 Богдасарян Г. П. 126
 Боголепов К. В. 79
 Боголюбова Л. И. 264
 Брокгауз Ф. А. 84
 Борсук М. О. 72
 Борукаев, Ч. Б. 243
 Босуэл П. Г. К. 217
 Бриггс Л. И. (Briggs L. I.) 143
 Бридж Дж. (Bridge J. S.) 143
 Бруно Дж. 158
 Брунс П. 13
 Бубнов С. 88
 Бушинский Г. И. 272
 Буэ А. 81, 85
- Вальтер И. (Walther J.) 12, 50, 207, 211
 Василешко В. И. 72
 Васильев В. И. 239
 Вассоевич Н. Б. 50, 51, 192, 195, 198, 236, 239, 270
 Ведершиков Г. В. 190
 Верзилин Н. Н. 91, 94, 97, 98, 101, 102
 Вернадский В. И. 24, 65, 73—75, 77, 235, 237
 Верпер А. 259
 Винер Н. Я. 144
 Виноградов А. П. 125
 Винчи Л. 158
 Вистелиус А. Б. 110, 146
 Волков В. П. 65
 Вологдин А. Г. 117
 Ворожцов В. П. 28
 Воронин Ю. А. 235, 237
 Вотак О. А. 198, 236, 239
 Вуд Г. Х. (Wood G. H.) 109
 Вылдан И. А. 174, 176, 178
 Высоцкий Б. П. 156
- Гайгалас А. И. 279, 283, 284
 Гайдебурова Е. А. 196
 Галаган Е. А. 190, 200
 Галилей Г. 158
 Галимов Э. М. 155
 Гальянова Т. И. 58
 Ганешин Г. С. 279
 Гаррелс Р. М. 76, 124, 125, 127, 152, 220, 235
 Герасимов И. Г. 43
 Гесь М. Д. 187, 189
 Гиббс 123
 Гиммельфарб Б. М. 185
 Гинзбург И. И. 14, 271, 273, 275
 Гинзбург Р. Н. (Ginsburg R. N.) 70
 Головачев Э. М. 190
 Головкин Е. А. 213
 Головкинский Н. А. 50, 82—85, 146, 207, 217
 Гольдштейн Ц. Л. 166
 Гонтарев Е. А. 99, 100
 Гордеев Д. И. 168, 170
 Гордеев Р. А. 239
 Грессли А. (Gressly A.) 50, 206
 Громин В. И. 239
 Груза В. В. 138
 Губкин И. М. 69

- Давыдова Т. Н. 166
 Дарвин Ч. 41
 Девенпорт Р. В. 34
 Декарт Р. 158
 Джумалиев Т. Д. 184, 185
 Дистанов У. Г. 107, 112, 114, 120
 Добровольский В. В. 269
 Докучаев В. В. 206, 260
 Драгунов В. И. 235, 236, 239
 Дрейманис А. (Dreimanis A.) 280, 284
 Дроздовская А. А. 56, 122, 126
 Дышлевый П. С. 28
 Дюфур М. С. 51—53

 Еганов И. А. 237
 Еганова Э. А. 185, 188, 237
 Елецкий Дж. (Jelezky J. A.) 87
 Елисеев Э. Н. 30, 200
 Елсуков А. Н. 39

 Жарков М. А. 79, 94
 Жемчужников Ю. А. 13, 50, 264, 266.
 Журавлева И. Т. 64

 Забродин В. Ю. 4, 236, 238
 Заварицкий А. Н. 13
 Запрометов В. Ю. 259
 Зенкевич Л. И. 75, 78
 Зильберштейн А. Х. 106

 Ильинская М. П. 187, 188
 Пльичев Л. Ф. 29
 Иностранцев 50

 Казаков А. В. 6, 210
 Казанский Ю. П. 46, 65, 117, 123, 134, 165, 270
 Казаринов В. П. 117
 Казьмин Л. А. 123
 Калм В. 106
 Калмыкова Н. А. 91, 99, 100
 Калт Н. 158
 Каплан И. Р. (Kaplan I. R.) 155
 Капустянский П. Д. 210, 218
 Карогодин Ю. Н. 190, 192, 193, 195—198, 236, 239
 Карпинский А. П. 84
 Карпов И. К. 123, 129
 Кастинг Дж. Ф. (Kasting J. F.) 150
 Кашин Д. С. 106
 Кедров Б. М. 48, 50, 51
 Кипг Э. 64
 Киселев В. В. 184
 Клярковский В. М. 106

 Кнут Л. П. (Knauth L. P.) 154
 Козловский Е. А. 64
 Колбридж Д. 77
 Колмогоров А. Н. 144, 145
 Колосов П. Н. 187
 Комаров В. Н. 18
 Комоцкий С. К. 217
 Коновод А. В. 487
 Конохов А. И. 186
 Коперник Н. 18, 158
 Корбридж Д. 77
 Коржинский Д. С. 230
 Королев В. Г. 183, 184, 186, 187
 Королюк И. К. 80
 Косыгин Ю. А. 50, 235, 236, 239
 Крамбейн В. Г. (Krumbein W. G.) 109, 114
 Крашенинников Г. Ф. 11, 50, 162, 166, 172
 Кривенко А. П. 233, 234
 Криволуцкая В. Н. 186
 Круть И. В. 198, 235
 Кудаба Ч. 281
 Кузнецов Ю. А. 224, 225, 233
 Кузнецова Т. А. 114
 Кузьмин В. А. 64
 Кукал Э. (Kukal Z.) 266
 Кунин Н. Я. 192
 Купалов-Ярополк И. К. 192
 Куражковская Е. А. 168, 169, 170
 Кутырев Э. П. 236—239

 Лаврушин Ю. А. 279
 Лайель Ч. 42, 55, 158
 Лаппаран А. 81, 85
 Лебедев В. Л. 148
 Лейбниц Г. В. 158
 Лекторский В. А. 29
 Лепин В. П. 4, 25, 36, 48, 50, 51, 53
 Леонов Г. П. 54, 173
 Лисицын А. П. 65, 69, 72
 Логвищенко Н. В. 11
 Ломизе М. Г. 243
 Ломова О. С. 99
 Ломоносов М. В. 82, 85, 158, 165, 206
 Лоц Д. Р. (Lowe D. R.) 154
 Лоуэнстам Х. А. (Lowen-
 stam H. A.) 70
 Лукашевич И. Д. 84
 Лучинппа В. А. 69

 Мазарович О. А. 50, 244, 247
 Маймистова Р. П. 185
 Макарова С. Д. 205, 262, 266
 Макарычев Г. И. 187

- Маккензи Ф. 124, 220, 235
 Маккин Дж. (Maskin J.) 89
 Максумова Р. А. 183, 184
 Малявкин С. Ф. 13
 Маркевич 50
 Марков Б. В. 42
 Маркс К. 24, 30, 31, 33, 34, 39, 42, 46, 48, 165
 Мартышович С. Ф. 36, 37
 Махнач А. С. 64
 Машкара И. И. 185
 Мейен С. В. 79
 Мейерхофф А. С. 20—23
 Мейерхофф Г. С. 20, 22, 23
 Мелешите М. И. 284
 Мельник Ю. П. 124
 Менделеев Д. И. 31
 Меннер В. В. 192, 195, 198, 239
 Мигдисов А. А. 134, 155
 Мильнер Г. Б. 217
 Мшнина Е. А. 279
 Михайлов Б. М. 272
 Михайлова М. В. 80
 Москаленко А. Т. 9, 24, 28
 Муравски Г. 81
 Мурдмаз И. О. 186
 Мушкетов И. В. 12
 Назаров И. В. 35, 43, 45, 46, 95, 96
 Найдыш В. М. 28
 Наливкин Д. В. 12, 212, 259, 265
 Некрасов Б. В. 76, 77
 Никитенко К. И. 192
 Никитин С. И. 84, 85
 Николаева И. В. 46
 Ньютон И. 158
 Ог Э. 12
 Одум Ю. 148, 154
 Оливер Дж. 20
 Оноприенко В. И. 45, 46, 161
 Осипов Л. В. 104
 Павлов А. И. 263
 Павлов А. П. 166, 263, 264
 Пейтон Ч. 190
 Пелто К. Р. (Pelto C. R.) 110, 114
 Перельман А. И. 129
 Петров В. П. 271—273
 Пилип И. Г. 106
 Пименов Ю. Г. 58
 Плаксенко Н. А. 123
 Поллак Х. (Pollack H. N.) 143
 Поляков Г. В. 224, 225
 Полякова З. Г. 234
 Попов А. И. 210
 Попов В. И. 6, 10, 11, 13, 205, 212, 215, 218, 233, 236, 259, 260, 262, 266
 Поспелов Г. Л. 272, 276
 Преображенский Б. В. 71, 74
 Прошляков Б. К. 58
 Пустовалов Л. В. 6, 11, 12, 14, 215, 265
 Ракитов А. И. 35, 40
 Раупас А. 106, 279
 Рейнек Г. Э. 266
 Рид К. Б. (Read C. B.) 109
 Рихтер Д. (Richter D.) 244
 Ритман А. 225
 Родни Л. Е. 78
 Розов Н. И. 78
 Романовский С. И. 50, 56, 135, 136, 138, 141, 142, 145, 146, 198, 227, 234
 Ромм Г. М. 106
 Ронов А. Б. 117, 125, 134, 152, 153, 155
 Рундквист Д. В. 236
 Рухин Л. Б. 6, 14, 15, 50, 140, 178
 Рухина Е. В. 281
 Рязь М. 33
 Савич-Любищная Л. И. 72
 Сагатовский В. И. 103, 104
 Садыков А. М. 236
 Сайкс Л. 20
 Самойлов Я. В. 6
 Сачков Ю. В. 29, 30, 200
 Семеновский Ю. В. 107, 110, 117, 118
 Сербуленко М. Г. 145
 Седжвик 41
 Серов В. В. 186
 Сидоренко А. В. 14, 45, 64
 Спмаков М. В. 87
 Спманов А. Л. 86
 Спигх И. Б. 266
 Синицын В. М. 96, 97
 Спицова Н. Ф. 82, 83
 Слосс 109
 Смирнов А. И. 185
 Советов Ю. К. 185, 188
 Соймонов Ю. В. 206
 Соколов Б. С. 5—7, 75, 78
 Соколов В. А. 185
 Солбриг Д. 33
 Солбриг О. 33
 Соловейчик Р. Э. 145
 Соловьев Ю. Я. 81, 84
 Сорогин В. И. 114
 Сочава А. В. 76, 147, 160
 Сочава В. Б. 148

- Срабонян М. X. 111
Стамп Л. (Stamp L.) 217
Степашин П. 158
Страхов Н. М. 6, 14, 55, 56, 65, 91, 117, 124, 261
Сурков В. С. 45
Суслов Г. А. 99, 100
- Тальвирский Д. Б. 190, 193, 200
Твенхофф У. X. 266
Тейяр де Шарден П. (Teilhard de Chardin P.) 88, 89
Теняков В. А. 272
Терщина Т. В. 72
Тимофеев П. П. 6
Тихомиров С. В. 11, 14
Троицкий В. И. 10
Трофимук А. А. 190, 193, 197
Тушина А. М. 185
- Удингтон К. 33, 34
Уилер Г. Э. (Wheeler H. E.) 87
Уилсон Дж. Л. 76
Уклонский А. С. 215
Уолкер Дж. К. Г. (Walker J. C. G.) 150
Урманцев Ю. А. 203
Усманов Ф. А. 222, 227
Усик В. И. 111
Усов М. А. 50, 211
- Федоров Е. С. 236
Федосеев П. П. 26, 29
Фербридж Р. В. 22, 94, 101, 102
Ферсман А. Е. 14, 269
Флоренский В. П. 117
Фролов В. Т. 263
- Хаин В. Е. 4, 11, 50, 178, 243
Хайлов К. М. 148
Хайс П. Б. (Hays P. B.) 150
Халиулина О. А. 123
Харбух Дж. 142
Харт М. X. (Hart M. H.) 124
Хатьянов Ф. И. 192—194, 200
- Хеллем Э. 266
Херасков Н. П. 52
Хедберг X. (Headberg H.) 21, 87
Хесс Р. (Hesse R.) 250
Холодов В. Н. 185, 186
Холсер В. Т. (Holser W. T.) 155
Хотина Е. Б. 279
- Цехомский А. М. 271, 273
Цыкин Р. А. 269, 271, 274, 275
- Чемеков Ю. Ф. 279
Чернов В. Г. 244, 247
Четвериков Л. П. 197
Чудинов Э. М. 29, 36
Чумаков Н. М. 155
- Шаевич Я. Е. 156
Шандер Е. В. 159, 263, 264, 272, 279, 280
Шарапов Н. П. 53, 54, 220
Шатский Н. С. 167, 172, 187, 212, 233, 260
Швецов М. С. 6, 12
Швырев В. С. 29, 31, 33
Шеремет Б. В. 72
Шидловский М. 125
Шило Н. А. 277
Шиндewolf О. 21, 22
Шумилов Ю. В. 277
Шухерт Ч. (Schuchert Ch.) 81, 82, 85
- Щербаков Ф. А. 263
- Эйнштейн А. 25
Эйхфельд Н. П. 490
Эпштейн С. (Epstein S.) 154
Этеридж Р. 81
- Яблоков В. С. 264
Япшии А. Л. 42, 79, 91, 98
Яровикова Р. Т. 102
Ярошевский А. А. 125, 134, 152

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
-----------------------	---

Раздел I

Общие вопросы развития литологии в системе геологических наук

<i>В. И. Попов, акад. АН УзССР, В. И. Троицкий, д-р геол.-мин. наук.</i> Литология: содержание, объем, задачи	10
<i>В. Н. Ксмаров, д-р филос. наук.</i> Методологические проблемы взаимосвязи литологии и геотектоники	18
<i>А. Т. Москаленко, д-р филос. наук.</i> Мировоззренческие основы методологической установки ученого	24
<i>И. В. Назаров, канд. филос. наук.</i> Структура, функции и специфика научного факта в геологии (литологии)	35
<i>И. В. Николаева, д-р геол.-мин. наук, Ю. П. Казанский, д-р геол.-мин. наук.</i> Некоторые проблемы методологии литологических исследований	46
<i>Б. К. Прошляков, д-р геол.-мин. наук, Т. И. Гальянова, канд. геол.-мин. наук, Ю. Г. Пименов, канд. геол.-мин. наук.</i> Роль литологии в нефтегазовой геологии	58
<i>И. Т. Журавлева, д-р геол.-мин. наук.</i> Биогенный фактор в осадконакоплении	64
<i>Ю. Я. Соловьев, канд. геол.-мин. наук.</i> Становление и основные этапы развития палеогеографии как научной дисциплины	81
<i>А. Л. Симанов, канд. филос. наук.</i> Некоторые направления исследований методологических проблем геологии в буржуазной философии	86

Раздел II

Методы и принципы литологического исследования

<i>Н. Н. Верзиллин, д-р геол.-мин. наук, Н. А. Калмыкова, канд. геол.-мин. наук.</i> Методологические проблемы использования принципа актуализма в литологии и палеогеографии	91
<i>Р. Т. Яровикова, канд. филос. наук.</i> Точность методов литологического исследования	102
<i>У. Г. Дистанов, д-р геол.-мин. наук, Ю. В. Семеновский, д-р геол.-мин. наук.</i> Роль количественных методов в литологических исследованиях	107
<i>А. А. Дроздовская, канд. геол.-мин. наук.</i> Математические методы и модели в литологии	122

<i>С. И. Романовский, д-р геол.-мин. наук. Моделирование терригенного осадконакопления</i>	135
<i>А. В. Сочава, д-р геол.-мин. наук. Системный подход в моделировании геохимического цикла и проблемы эволюции литогенеза</i>	147
<i>Я. Е. Шавевич, канд. геол.-мин. наук. Место системного подхода в геологическом исследовании и его взаимодействие с другими методами геологии</i>	156
<i>Г. Ф. Крашенинников, д-р геол.-мин. наук. Методологические аспекты генетического изучения осадочных пород</i>	162
<i>П. А. Выльцан, д-р геол.-мин. наук, А. Ф. Беженцев, канд. геол.-мин. наук. Методологические проблемы комплексного подхода в литологических исследованиях</i>	174
<i>В. Г. Королев, д-р геол.-мин. наук, Р. А. Максимова, канд. геол.-мин. наук. Комплексное применение методов стратиграфии, палеотектоники и формационного анализа в литологических исследованиях верхнедокембрийских и нижнепалеозойских толщ (на примере Тянь-Шаня)</i>	183
<i>А. А. Трофимук, акад. АН СССР, Ю. Н. Карогодин, д-р геол.-мин. наук, Г. В. Ведерников, канд. геол.-мин. наук, Э. М. Головачев, канд. геол.-мин. наук, Е. А. Галаган, канд. геол.-мин. наук, Д. Б. Тальвирский, канд. геол.-мин. наук. Методологические аспекты ориентации сейсмологических исследований</i>	190
<i>В. И. Попов, акад. АН УзССР, С. Д. Макарова, д-р геол.-мин. наук. Основные фацialsные законы образования формаций, их философское, теоретическое и прикладное значение</i>	205

Раздел III

Принципы классификации осадочных образований

<i>А. Ф. Белоусов, д-р геол.-мин. наук. Общие принципы классификации горных пород</i>	219
<i>В. А. Соловьев, д-р геол.-мин. наук. Принципы классификации геологических тел</i>	235
<i>С. Л. Афанасьев, канд. геол.-мин. наук. О принципах классификации осадочных образований (на примере верхнемеловых отложений Большого Кавказа)</i>	241
<i>В. И. Попов, акад. АН УзССР, В. Ю. Запрометов, канд. геол.-мин. наук. Фацialsно-петрогенетическая классификация осадочных формаций</i>	259
<i>Р. А. Цыгин, д-р геол.-мин. наук. К вопросу о классификации продуктов гипергенеза</i>	269
<i>А. И. Гайгалас, д-р геол.-мин. наук. Седиментологические принципы классификации глицигенных отложений</i>	279
<i>Библиография по методологическим и философским вопросам геологии (1978—1983 гг.)</i>	289
<i>Именной указатель</i>	298

МЕТОДОЛОГИЯ ЛИТОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Утверждено к печати Институтом геологии
и геофизики СО АН СССР

Редакторы издательства *Е. Б. Бирюкова, Ю. П. Бубенков*
Художественный редактор *С. М. Кудрявцев*
Технический редактор *С. А. Смородинова*
Корректоры *Т. Ф. Погиблова, В. А. Князева*

ИБ № 23723

Сдано в набор 28.11.84. Подписано к печати 03.07.85. МН-01561. Формат 84×108^{1/32}. Бумага типографская № 3. Обыкновенная гарнитура. Высокая печать. Усл. печ. л. 16. Усл. пр.-отт. 16. Уч.-пзд. л. 19,5. Тираж 1050 экз. Заказ № 485. Цена 3 р. 30 к.

Ордена Трудового Красного Знамени
издательство «Наука», Сибирское отделение,
630099, Новосибирск, 99, Советская, 18.
4-я типография издательства «Наука».
630077, Новосибирск, 77, Станиславского, 25.