

СОВЕТСКАЯ ГЕОЛОГИЯ

ISSN 0038-5069

3/1987



Ежемесячный
научный журнал

Пролетарии всех стран, соединяйтесь!

СОВЕТСКАЯ 3/1987 ГЕОЛОГИЯ

**Ежемесячный научный журнал
Орган Министерства геологии СССР
Основан в 1933 году**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор В. М. ВОЛКОВ

Т. В. Билибина, Э. К. Буренков, В. С. Быкадоров, Н. Н. Ведерников, Д. А. Венков, М. В. Голицын, И. С. Грамберг, М. Н. Денисов, А. Н. Еремеев, В. А. Ерхов, А. И. Жамойда (зам. главного редактора), А. И. Зарицкий, А. Н. Золотов, А. Б. Каждан, Е. А. Козлов, Н. Э. Краснова (отв. секретарь), Л. И. Красный, А. И. Кривцов (зам. главного редактора), А. И. Лисицын, Н. В. Межеловский, И. М. Мирчинк, Б. Н. Можаяв, Д. И. Мусатов, С. С. Мухин (зам. главного редактора), В. Д. Наливкин, В. А. Нарсеев, В. А. Низьев, Л. Н. Овчинников, В. Н. Полуэктов, Н. Н. Предтеченский, Д. А. Родионов, Е. И. Семенов, В. В. Семенович, Л. Н. Смирнов, В. С. Сурков, К. И. Сычев, М. А. Фаворская, А. С. Филько, А. З. Юлдашев, А. А. Шпак, А. Д. Щеглов, В. А. Ярмолюк



МОСКВА, «НЕДРА»

© Издательство «Недра»,
«Советская геология», 1987

РЕШЕНИЯ XXVII СЪЕЗДА КПСС — В ЖИЗНЬ

Сычев К. И. Основные направления гидрогеологических и инженерно-геологических работ в свете решений XXVII съезда КПСС К 100-летию со дня рождения Н. М. ФЕДОРОВСКОГО	3
Козловский Е. А. Н. М. Федоровский — революционер, ученый, организатор горной промышленности	9
Полухов В. Н., Смирнов Л. Н., Щербаков Л. Н. 50 лет Всесоюзному геологическому фонду	17
МЕТОДОЛОГИЯ, ЭКОНОМИКА, ОРГАНИЗАЦИЯ	
Иванкин П. Ф. Пути повышения эффективности крупномасштабных геологических съемок	24
Казаченко Ю. А., Шиверских Л. В. Учет геологических факторов при выборе рационального варианта эксплуатационного опробования	30
Балашова С. П. О путях совершенствования методов прогноза, поисков и оценки месторождений полезных ископаемых	36
ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ СЫРЬЕ	
Богданов М. М. Закономерности размещения и условия формирования залежей нефти и газа в Тимано-Печорской провинции	44
Литвин И. И. Механизм формирования пластового и порового давлений	51
РУДНОЕ И НЕРУДНОЕ МИНЕРАЛЬНОЕ СЫРЬЕ	
Крюков В. Г., Щербак Л. И. Геология и металлогения Баджалского оловорудного района (Приамурье)	55

СТРАТИГРАФИЯ И ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ

Лучников В. С. О расчленении нижней юры Таджикистана по палеоботаническим данным	66
Лещух Р. И., Полухович Б. М. К геологической истории Западного Причерноморья в юрский период	75
РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ТЕКТОНИКА	
Соловьев А. Ю. Тектонофашиальный анализ Сугутского блока (Восточный Алай)	80
МИНЕРАЛОГИЯ, ПЕТРОГРАФИЯ, ЛИТОЛОГИЯ	
Макарьев Л. Б., Чухонин А. П., Дитмар Г. В. Формационные ряды докембрийских метасоматитов западной части Алданского щита	83
ГЕОХИМИЯ	
Малинко С. В., Лисицын А. Е., Сумин Л. В. Изотопы бора в минералах — индикаторы источника рудного вещества	89
ГЕОФИЗИКА И ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ	
Изотова Т. С. Определение типов осадочных пород по комплексу геофизических исследований скважин	97
ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ	
Антыко Б. Е., Островский Л. А. Классификация гидрогеологических структур	107
Петренко В. И., Доготь А. Я. Механизм пневмогидравлической квазикавитации	115
75-летие Марии Борисовны Бородаевской	118
РЕЦЕНЗИИ	
Станкевич Е. Ф. Принципы и методы палеогидрогеохимических исследований	119

УДК 556.3+624.131.1

К. И. СЫЧЕВ (Мингео СССР)

Основные направления гидрогеологических и инженерно-геологических работ в свете решений XXVII съезда КПСС

XXVII съезд КПСС принял стратегический курс ускорения социально-экономического развития страны на основе научно-технического прогресса, глубокой перестройки хозяйственного механизма и создания эффективной системы управления экономикой, решения первоочередных задач Энергетической и Продовольственной программ СССР. В основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года особое внимание обращается на увеличение разведанных запасов пресных подземных вод, освоение которых дает быстрый и весомый социально-экономический эффект.

Согласно «Генеральной схеме комплексного использования и охраны водных ресурсов СССР» потребность в подземных водах в 1990 г. по сравнению с 1985 г. возрастет на 40 млн. м³/сут. В связи с этим основным направлением работ по гидрогеологии и инженерной геологии Министерства геологии СССР будут поиски и разведка подземных вод для централизованного водоснабжения городов, промышленных районов, крупных сельскохозяйственных объектов, для орошения земель и обводнения пастбищ. Ежегодно планируется проведение работ на пресные подземные воды более чем на 1000 объектах. В двенадцатой пятилетке намечено обеспечить дополнительными источниками водоснабжения такие города, как Алма-Ата, Белгород, Душанбе, Каунас, Кишинев, Липецк, Львов, Магнитогорск, Наманган, Тапшауз, Ужгород, Фрунзе, Чита и др. На поиски и разведку пресных вод, изучение их режима, баланса и контроль за их охраной будет расходоваться более 55 % всех ассигнований на гидрогеологические и инженерно-геологические работы.

Важная задача в области гидрогеологии состоит в обеспечении перевода к 2000 году хозяйственно-питьевого

водоснабжения страны преимущественно на ресурсы подземных вод.

Анализ гидрогеологических условий территории СССР показывает, что организация сельскохозяйственного водоснабжения почти повсеместно может быть обеспечена за счет подземных вод. В двенадцатой пятилетке предстоит разведать сельхозводозаборы на запасах подземных вод более чем для 1500 хозяйственных центров колхозов и совхозов. За последние 10—15 лет наместились некоторые тенденции в развитии разведочных работ на пресные подземные воды.

1. Отмечается меньший удельный вес крупных месторождений, увеличивается степень их сложности, при разведках приходится учитывать площадную и вертикальную фильтрационную неоднородность пород, разнообразные источники формирования эксплуатационных запасов, в том числе перетоки через слабопроницаемые отложения, разгрузку родниками и испарением, различные формы связи с реками, возможные изменения качества вод при эксплуатации, экологические факторы и др.

2. Разведочные работы развертываются в районах Сибири, Дальнего Востока, Средней Азии и Казахстана.

3. Дальнейшее развитие получила переоценка эксплуатационных запасов по опыту работы действующих водозаборов.

4. Растет число объектов, по которым оценка запасов подземных вод ведется с использованием методов моделирования, включая ЭЦВМ.

Проведена региональная оценка эксплуатационных ресурсов подземных вод более чем 25 артезианских бассейнов и крупных регионов страны, в том числе по многим объектам методом моделирования. К ним относятся такие бассейны, как Московский, Азово-Кубанский, Днепровско-Донецкий, Западно-Сибирский, Иркутский, Причерномор-

Художественный редактор Е. Л. Юрковская
Технический редактор В. Ю. Любимова
Корректор В. А. Бобринская

Сдано в набор 22.01.87. Подписано в печать 16.02.87. Т-06317. Формат 70×108¹/₁₆.
Печать высокая. Усл. печ. л. 11,2. Усл. кр.-отт. 11,55. Уч.-изд. л. 13,2.
Тираж 2980 экз. Заказ № 42

Адрес редакции: 123812, Москва, Бол. Грузинская, 4/6
Телефон 254-29-56
Ленинградская картографическая фабрика ВСЕГЕИ

ский, Прибалтийский, Терско-Кумский, Ленинградский, Ферганский и др. Запасы, апробированные ГКЗ и ТКЗ, достигают 350 млн. м³/сут.

В двенадцатой пятилетке предстоит в основном завершить региональную оценку ресурсов пресных подземных вод и развернуть научно-производственные работы по созданию постоянно действующих динамических моделей основных бассейнов подземных вод территории СССР. Положительный опыт в этом отношении получен еще в одиннадцатой пятилетке при создании первой очереди гидрогеологической и инженерно-геологической модели Крыма, а также при разработке моделей Московского и Азово-Кубанского артезианских бассейнов. Это направление научных исследований и производственных проработок силами объединений и управлений геологии союзных республик под методическим руководством и при непосредственном участии ВСЕГИНГЕО и территориальных институтов рассматривается как одно из главных в научно-техническом прогрессе в отрасли.

В соответствии с Продовольственной программой и Долговременной программой мелиорации земель в 1986—1990 гг. возрастут объемы работ по разведке запасов пресных подземных вод для орошения земель и в первую очередь в районах Средней Азии, Казахстана, юга РСФСР и Украины, закавказских республик. За двенадцатую пятилетку требуется разведать и утвердить для этих целей эксплуатационные запасы подземных вод в количестве не менее 8 млн. м³/сут. В ряде республик Закавказья и Средней Азии будет практиковаться такая методика работ, при которой разведываются комплексные водозаборы, удовлетворяющие потребности в сельхозводоснабжении и орошении земель.

Важное место в гидрогеологических исследованиях отводится поискам подземных вод для обводнения пастбищ — обеспечение водопойных пунктов, водоснабжение полевых станов, перегонных и зимовок скота. Такие работы на общей площади в 28 млн. га будут сосредоточены в аридной и полупустынной зонах, в основном в Казахстане, Средней Азии и на Северном Кавказе.

Энергетической программой СССР предусматривается к концу столетия довести годовое производство энергоносителей за счет нетрадиционных источников энергии до 20—40 млн. т условного топлива. В некоторых районах СССР такими источниками могут стать геотермальные ресурсы, в основном термальные воды и в меньшей мере — парогидротермы. По данным региональной оценки, выполненной ВСЕГИНГЕО, прогнозные запасы теплоэнергетических вод пластового типа оцениваются примерно в 20 млн. м³/сут. В наиболее перспективных для освоения районах запасы вод при температуре более 50 °C и минерализации до 10 г/л составляют около 8 млн. м³/сут. Внедрение интенсивных методов разведки месторождений термальных вод с поддержанием пластового давления, позволяющее одновременно решить вопросы безопасного для природы сброса отработанных вод, может сэкономить 130—140 млн. т условного топлива в год. Потенциальные ресурсы парогидротерм с температурой 150—250 °C в районах современного вулканизма на Камчатке и Курильских островах могут обеспечить работу геотермальных электростанций мощностью 800—1000 МВт.

Крупные разведочные работы будут осуществляться в 1986—1990 гг. в Мутновском месторождении парогидротерм и на термальные воды в Грузинской ССР. Будут продолжены поиски термальных вод на Северном Кавказе, Камчатке, Курильских островах, в зоне БАМа, Западной Сибири, Казахстане, Узбекистане, Азербайджане и на Украине.

Расширение масштабов освоения геотермальных ресурсов требует совершенствования методики, техники, технологии разведки и разработки этих месторождений, повышения эффективности бурения и опробования скважин. Актуальны разработка методов эксплуатации месторождений с обратным закачиванием отработанного теплоносителя в водоносный горизонт для поддержания в нем пластового давления, строительства межколхозных санитарно-лечебных и антикоррозионных водолечебниц. При поисково-разведочных работах широко используются измерительная аппаратура. Будут продолжены исследования так называемых минеральных вод СССР в масштабе 1:2 500 000.

тепловых котлов в сухих горячих породах. Практически пока не разработаны методы оценки геотермальных ресурсов применительно к коллекторам трещинно-жильного типа. Особый интерес представляет комплексное использование термальных вод для теплоснабжения, строительства парниково-овощных комбинатов и рыборазведения, т. е. для нужд сельскохозяйственного производства, а также в качестве термоминеральных вод для бальнеологических целей.

Значительно расширятся поиски и разведка подземных минеральных вод (лечебных и столовых). Создание гидроминеральной базы санаторно-курортных и бальнеологических учреждений и заводов по розливу минеральных вод потребовало выполнения комплекса гидрогеологических исследований в первую очередь в районах действующих, строящихся и проектируемых курортов европейской части СССР. При этом особое внимание уделяется выявлению в пределах горно-складчатого обрамления СССР наиболее ценных типов вод — углекислых, сульфидных, азотных терм и радоновых.

В настоящее время разведаны и эксплуатируются более 400 месторождений различных типов минеральных вод, появились новые курортные районы в Сибири, на Дальнем Востоке и в Средней Азии. Значительно расширились перспективы всемирно известных курортов — Кавказских Минеральных Вод, Боржоми, Сочи-Мацестинского района, Нафтуси — Сходницы. Программой на 1986—1990 гг. предусмотрены поисково-разведочные работы более чем на 150 объектах, в том числе на Северном Кавказе, в зоне БАМа, Казахстане, Узбекистане, Туркмении, Киргизии, Грузии, Армении, Азербайджане, на Украине, в Молдавии и республиках Прибалтики.

Значительно расширены поиски и разведка минеральных вод для целей курортного лечения населения в водоносный горизонт для поддержания пластового давления, строительства межколхозных санитарно-лечебных и антикоррозионных водолечебниц. При поисково-разведочных работах широко используются измерительная аппаратура. Будут продолжены исследования так называемых минеральных вод СССР в масштабе 1:2 500 000.

Проблемными вопросами для ряда месторождений минеральных вод являются установление закономерностей их формирования, сохранение качества вод в процессе эксплуатации, оценка естественных ресурсов. Для более углубленного решения теоретических и научно-методических вопросов на уникальном Боржомском месторождении углекислых вод предусматривается создание постоянно действующей динамической модели.

В связи с необходимостью расширения минерально-сырьевой базы в последние годы большое значение приобрело решение проблемы комплексного использования глубоких подземных вод (рассолов) в качестве источника сырья для получения йода, брома, редких металлов, рассеянных элементов и минеральных солей. Если йодо-бромная промышленность обеспечена запасами гидроминерального сырья на отдаленную перспективу, то промышленные редкометалльные воды только начали изучаться. Выделены наиболее перспективные для их освоения районы. В 1985 г. завершена региональная оценка эксплуатационных запасов и ресурсов промышленных вод СССР с составлением карты масштаба 1:2 500 000 и врезками до 1:500 000. Поисково-разведочные работы на промышленные редкометалльные воды ведутся в Белоруссии, Дагестане, Азербайджане и Узбекистане. Проведены лабораторные исследования по отработке технологии извлечения редких металлов и комплексной безотходной переработки гидроминерального сырья.

В ряде районов создаются укрупненные технологические установки для отработки принципиальной технологии и ее регламента (подачи воды, реагентов и материалов). Опытная установка для полупромышленных испытаний проектируется в Дагестане. С целью ускоренного решения проблемы освоения гидроминеральных ресурсов следует рассмотреть вопрос о создании, например в Дагестане, междуведомственного научно-технического комплекса.

Важными средствами повышения эффективности и качества разведки и использования различных типов подземных вод должны стать дальнейшее совершенствование теории и методов

изучения условий их формирования, анализ опыта эксплуатации разрабатываемых месторождений подземных вод, создание принципиально новых методов и технических средств для их поисков и разведки, разработка автоматизированных систем подсчета эксплуатационных запасов, формирование банков гидрогеологических данных в общей системе Государственного водного кадастра (ГВК). В последнем случае предстоит ввести в эксплуатацию вторую очередь автоматизированной информационной системы ГВК на всеоюзном и республиканских уровнях.

Крупным направлением в деятельности геологических организаций остается региональное изучение гидрогеологических и инженерно-геологических условий для обоснования размещения объектов народного хозяйства путем проведения комплексных съемок в масштабах 1 : 200 000 и 1 : 50 000. Такие съемки и карты используются Минводхозом СССР в качестве основы для составления бассейновых схем комплексного использования и охраны водно-земельных ресурсов. Гидрогеологические и инженерно-геологические условия под воздействием техногенных факторов непрерывно меняются, что требует периодической пересъемки таких площадей или доизучения их в соответствующем масштабе. Например, территория Украины почти на 80 % охвачена интенсивной хозяйственной деятельностью, что вызвало подтопление, серьезные изменения качества подземных вод, активизацию ряда экзогенных геологических процессов.

В связи с этим в двенадцатой пятилетке намечено провести государственную гидрогеологическую и инженерно-геологическую съемку в масштабе 1 : 200 000 на площади 520 тыс. км² и доизучение на площади 100 тыс. км². Комплексные гидрогеологические и инженерно-геологические съемки масштаба 1 : 50 000 для целей мелиорации земель будут проведены на площади не менее 300 тыс. км². Практически будут обеспечены все потребности Минводхоза СССР в геологических материалах крупномасштабного картирования для обоснования проектирования и строительства мелиоративных

систем. К концу пятилетки комплексивно совершенствоваться на базе новых съемки в крупном масштабе будущего рационального комплексирования выполнены почти полностью на территории и существующих методов, включении Прибалтийских республик, Таджикистана, Туркмении, Южного Казахстана и более чем на 50 % — Украинской и Белорусской ССР. Будущей из важных инженерно-геологических завершены работы по трассам крупных задач является изучение нелинейных оросительных каналов Ставропольского и лессовидных пород в для и Заволжья, на оросительных условиях увлажнения и систематиче стемах в бассейнах Волги, Дона, Сухой нагрузки с целью разработки долбани, Терека, а также в Нечерноземье современных прогнозов изменения их ной зоне РСФСР, в районах Западного и восточного и свойств на мелиорируемых и Восточной Сибири, Приморья. Площади и территориях городских

Развертывание в стране промывагломераций. В связи с наблюдаемым в ряде районов острейшей необходимостью в опенос страны нарастанием техногенной режающем картировании гидрогеологической нагрузки на окружающую, в том числе гических и инженерно-геологических геологическую среду особую остроту условий в районах перспективных приобретает так называемые геологических крупных строек. Недостаточная изученность геологических исследований и необходимость этих условий и недоучет идность развития нового научного напри проектировании, строительстве управления — геоэкологии, обеспечиэксплуатации некоторых объектов привающей изучение и оценку загрязневели в ряде случаев к нежелательной геологической среды в неразрывактивизации опасных геологической связи с загрязнением других явлений, таких, как просадки лёссовых компонентов природы (атмосферы, равидных пород, карстово-суффозионности, почв, воды, донных осадиползневые процессы, непредсказуемых рек и водоемов) и возможным влиянием загрязнения геологической среды на здоровье людей и животных. Большое значение приобретают картирование.

Большое значение приобретают кар-
ты прогноза возможных изменений В области охраны окружающей сре-
гидрогеологических и инженерно-геод- и рационального использования
логических условий под влиянием х-природных ресурсов предусматривает-
зяйственной деятельности, так назыв-зая последовательно улучшать охрану
ваемые карты геологического риско-зодных ресурсов страны. С этой целью
отдельных территорий страны, напри-будут продолжаться комплексные ра-
мер Украины. Однако существующи-боты, связанные с изучением режима
теоретическая и методическая бази-баланса подземных вод и контролем
еще не полностью удовлетворяют нуж-а их охраной. Планируется дальне-
ды производственных геологически-ее расширение региональной сети
организаций: слабо разработаны теонаблюдений постоянного государствен-
рия и методика съемок изменений геонаблюдений контроля за охраной подземных
логической среды под влиянием техно-од и развитием опасных геологиче-
генных процессов и прогнозировани-ских процессов в составе 120 опорных
этих изменений, недостаточно обосн-гидрогеологических и инженерно-гео-
вано рациональное комплексировани-логических партий и отрядов. Еже-
методов и видов работ, применяемы-одно будут обследоваться не менее
при этих съемках. Необходимы науч-2—25 тыс. водозаборов и источников
ная разработка и создание системзагрязнения. Серьезным недостат-
регионального мониторинга за состоя-ком является отсутствие или несовер-
нием геологической среды, изменение-ченство на многих водозаборных уча-
гидрогеологических и инженерно-гео-тках специализированной ведомствен-
логических условий. ной сети режимных наблюдений, а

Теоретические основы и методы проведения гидрогеологических и инженерно-геологических съемок средних и крупных масштабов должны непре-

земных вод и особенно изменений их качества.

В общем комплексе природоохранных мероприятий определенное место займет гидрогеологическое обоснование захоронения промышленных стоков и отходов, включая радиоактивные.

В связи с развертыванием работ по прогнозу землетрясений дальнейшего углубления требуют исследования закономерностей формирования гидрогеодеформационного поля Земли.

XXVII съезд КПСС поставил перед геологами сложные и ответственные задачи. Предстоит расширить сырьевую базу действующих горнодобывающих предприятий, что потребует более глубокого изучения гидрогеологии и инженерной геологии месторождений полезных ископаемых, усиления работ на важнейших объектах пятилетки, таких как СУБР, КМА, месторождения зоны БАМа, Якутии, Горевское месторождение полиметаллов в Красноярском крае.

В связи с этим дальнейшее разви-
тия требуют: 1) исследования форми-
рования водопритоков и инженерно-
геологических свойств массивов гор-
ных пород на глубоких горизонтах ме-
сторождений и в особо сложных усло-
виях; 2) разработка методики их изу-
чения и прогнозных оценок по данным
разведочных работ, в том числе с при-
менением метода моделирования;
3) экспериментальные исследования по
изучению напряженного состояния
горных пород, их прочностных и де-
формационных свойств в условиях,
приближенных к естественным; 4) гид-
рогеологические и инженерно-геологиче-
ские исследования влияния горных
разработок и сопутствующих им соору-
жений (обоганительные фабрики, хво-
стохранилища, бассейны промстоков,
отвалы, отходы и др.) на геологиче-
скую среду с целью прогноза их воз-
действия на подземные воды, почвы
и массивы горных пород; решение при-
родоохранных задач (захоронение дре-
нажных вод или их использование,
охрана от истощения).

Будут продолжаться геокриологические исследования и прогнозы в осваиваемых районах Крайнего Севера, выявление в мерзлой зоне геологических процессов (термокарста, термо-

эрозии и др.), возникающих в результате активной инженерно-хозяйственной деятельности. Большой практический интерес будут представлять работы, связанные с охраной и рациональным использованием геологической среды городов и крупных промышленных агломераций, проведение комплексных исследований в районах интенсивного хозяйственного освоения, таких, как БАМ, КПЖД, КАТЭК, Нечерноземная зона РСФСР, Западно-Сибирский нефтегазовый комплекс и другие ТПК.

В области международного научно-технического сотрудничества работы будут вестись по двум программам:

1) по международной гидрогеологической программе в части разработки методики автоматизированной оценки запасов подземных вод, разработки и ведения Государственного водного кадастра и охраны подземных вод от загрязнения;

2) по программе международного научного проекта ГЕОС («Геология и окружающая среда»), выполняемому по соглашению между ЮНЕП, ЮНЕСКО и СССР.

В проекте ГЕОС будут продолжены исследования по трем темам, связанным с оценкой влияния горнодобывающей промышленности и водохозяйственных мероприятий на окружающую среду, а также с планированием освоения территорий и учетом геологических и экологических факторов. Намечено подготовить международные руководства или пособия, провести научные семинары и заседания рабочих групп.

На базе Крымского природоохранного комплекса, демонстрационного павильона, опытных полигонов и динамической модели Крыма Министерством геологии СССР намечено создание учебно-методического центра для оперативного распространения передового опыта внедрения новой техники и прогрессивной технологии.

Академическая, отраслевая и вузовская наука в большом долгу перед производством за недостаточный уровень разработки и создания новых технических средств в области гидрогеологии и инженерной геологии. Необходимы разработка новых нетрадиционных методов определения гидрогео-

логических и инженерно-геологических параметров (ядерно-магнитный резонанс, пенетрация, дистанционные измерения геологической среды (геотоды и др.), разработка и выпуск мультитрационных, теплообменников, инженерно-геологические и геокриологические модели).

В системе литомониторинга предусмотрено совершенствование организационной структуры гидрогеологической службы, рациональное использование головных кустовых вычислительных центров Министерства геологии СССР для автоматизированной обработки информации, создание электронных банков гидрогеологических и инженерно-геологических данных, ведение постоянно действующих гидрогеологических и инженерно-геологических моделей, прогнозирование развития процессов и выявление техногенных факторов, выявление прогнозов через модели и в создании «Литомониторинга СССР» — единой системы контроля, оценки состояния и прогнозов изменений геологической среды, в первую очередь гидрогеологических и инженерно-геологических условий под влиянием хозяйственной деятельности.

Важным направлением научно-технического прогресса, реализация которого позволит осуществить управление рациональной эксплуатацией инженерно-геологических моделей, прогнозирование развития процессов и выявление техногенных факторов, является создание «Литомониторинга СССР» — единой системы контроля, оценки состояния и прогнозов изменений геологической среды, в первую очередь гидрогеологических и инженерно-геологических условий под влиянием хозяйственной деятельности.

Литомониторинг создается как составная часть мониторинга окружающей природной среды (атмосферы, гидросферы, биосферы и литосферы). Его структура имеет следующие подсистемы:

1) подсистема наземного литомониторинга, включающая региональную службу наблюдений и контроля Министерства геологии СССР за режимом подземных вод и экзогенными геологическими процессами (сеть пунктов наблюдений и полигонов) и аналогичную специализированную сеть наблюдений отдельных ведомств с оценкой влияния их хозяйственной деятельности на геологическую среду;

2) подсистема аэрокосмического литомониторинга, включающая службу дистанционного наблюдения и контроля за состоянием геологической среды;

3) автоматизированные информационные системы — Государственный водный кадастр (по разделу подземных вод), Государственный учет вод, Инженерно-геологический кадастр, включающий геокриологические данные;

4) постоянно действующие динамические модели бассейнов подземных вод и крупных природно-промышлен-

программы. Несомненно, что изменение структуры гидрогеологической и инженерно-геологической службы страны, перевод ее на новые научно-технические рельсы потребует перестройки академической, отраслевой и вузовской науки.

Главной стратегической задачей развития гидрогеологии и инженерной геологии на перспективу является разработка научно-методических, технических и организационных основ управления ресурсами подземных вод, гидрогеологическими и инженерно-геологическими процессами на базе создания системы постоянно действующих динамических моделей бассейнов подземных вод и крупных регионов страны. Реализация этой задачи связана с организацией единой гидрогеологической и инженерно-геологической службы на основе подготовки квалифицированных кадров, совершенствованием структуры, новой техники и методики ведения работ, созданием государственной сети наблюдений и прогнозов режима подземных вод и экзогенных геологических процессов.

К 100-летию со дня рождения Н. М. Федоровского

А. КОЗЛОВСКИЙ (министр геологии СССР)

Н. М. Федоровский — революционер, ученый, организатор горной промышленности

История нашего социалистического государства богата именами людей, внесших большой вклад в дело революции, создания экономической базы страны и развитие советской науки. К ним относится и Николай Михайлович Федоровский, активный участник революции 1905—1907 гг. и Великой Октябрьской социалистической революции, видный государственный и общественный деятель, выдающийся ученый геолог и минералог.

Жизнь и деятельность Н. М. Федоровского — наглядный пример верного и плодотворного служения коммуниста своему народу. Он родился 10 ноября 1886 г. в Курске. Отец рано покинул семью, и воспитание сына взяла на себя мать, Ольга Павловна Федоровская-Церевицкая, учительница



местной гимназии, член партии «Народная воля», человек передовых взглядов. Она была тесно связана с группой революционно настроенной молодежи. Ее ученик Глеб Максимилианович Кржижановский впоследствии стал видным революционером, выдающимся ученым-энергетиком, другом и соратником В. И. Ленина. До конца жизни он сохранил теплые отношения с семьей Федоровских.

Политический настрой в ближайшем окружении способствовал раннему формированию Н. М. Федоровского как революционера. С шестнадцати лет он начал выполнять поручения местной партийной организации, а в 1904 г. стал членом РСДРП. Вскоре за активную политическую агитацию против царизма он был исключен из гимназии и к началу 1905 г. переехал в Москву, где начался новый, полный тревог и лишений период его жизни — жизни профессионального революционера-подпольщика. Он вел пропагандистскую и организаторскую работу в войсках Московского гарнизона, принял участие в Декабрьском вооруженном восстании. После жестокого подавления восстания Н. М. Федоровский по поручению партии направился в Петербург, где некоторое время был агитатором среди рабочих Василеостровского района. Весной 1906 г. он, находясь в Гельсингфорсе, участвует в подготовке революционного выступления моряков Балтийского военного флота. В составе военно-боевого центра восстания он проводил активную агитационную работу среди матросов и солдат гарнизонов Гельсингфорса и Свеаборга.

Революционное выступление балтийцев в Свеаборге было жестоко подавлено царскими карателями. Многие его участники были расстреляны или сосланы на каторгу. Н. М. Федоровский, имевший к тому времени значительный опыт конспирации, и на этот раз избежал ареста и благополучно вернулся в распоряжение Московского комитета партии, членом которого он стал в 1908 г. Спустя некоторое время он сдал экстерном экзамены за гимназический курс и поступил на физико-математический факультет Московского университета. Однако вскоре за участие в запрещенной политической дея-

тельности был исключен из числа слушателей для работы в аппарате ВСНХ Республики. Этому органу управления

Несколько лет после этого Н. М. Федоровский работал, собирая учебные коллекции минералов для торговли. М. Федоровский был назначен представителем с удивительным знанием Горного Совета ВСНХ. В своем многообразии миром камня, него обязанности входило управление однократные памятные встречи и беседы горнодобывающей промышленности с выдающимися минералогами страны, проведение мероприятий В. И. Вернадским и А. Е. Ферсманом к снабжению минеральным сырьем обществу с самобытными, влюбленными в лучшие производств, по борьбе с ми в свое дело уральскими горщиками-работниками на горнодобывающих предприятиях.

Профессию Н. М. Федоровского. После подписания В. И. Лениным декрета о создании академии В. И. Вернадского 28 июня 1918 г. декрета Совнаркомского он был восстановлен в Московском национализацию предприятий важном университете и в 1914 г. успешнейших отраслей промышленности, в его окончил. Трудовую деятельность в том числе и горнодобывающих предприятий специальности Н. М. Федоровский напряжений, объем работы Горного Совета начал в качестве преподавателя минералогии и геологии в Нижегородском политехническом институте.

В Нижнем Новгороде Н. М. Федоровский, умело скоординировать деятельность, включился в работу местной организации местных советов, в чем весоциал-демократической организации находились многие горнодобывающие предприятия. Н. М. Федоровский стал одним из организаторов издаваемой газеты «Интернационал» — органа, сплотивший в Горном Совете Нижегородского окружного коллектива большевистской партии. В июле 1917 г. коллектив специалистов, нашел Н. М. Федоровский был избран председателем окружного комитета управления, умело решал самые РСДРП(б), а в октябре того же года — председателем губкома партии. По его инициативе в конце октября (10 ноября) 1917 г. властью был организован механизм в городе перешла к Советам рабоче-крестьянская экскаваторная разработка солдатских депутатов. Деятельность самосадочной пищевой соли на Н. М. Федоровского в последующие месяцы была до предела заполнена соляной голод в стране. Были делами по установлению Советской власти во всей Нижегородской губернии, эффективная поощрения, по созданию новых городских предприятий Кизеловских учреждений, разъяснения угольного бассейна, начата геополитики партии широким народно-хозяйственной разведкой новых участков массам. Важную роль в этом сыграл Подмосковский угольный бассейн. Выступления Н. М. Федоровского в Н. М. Федоровский готовил предложения новой большевистской газетной Совнарком и добивался решения — органа Нижегородского губернии многих вопросов перспективного развития горной промышленности, развития горной промышленности доктором которой Николай Михайлович был до апреля 1918 г.

В феврале 1918 г. Н. М. Федоровский был избран нижегородским делегатом на VII съезде горной академии. Н. М. Федоровский последовательно занимал твердую ленинскую позицию по всей этой академии, а затем был избран профессором, заведующим кафедрой минералогии. Его увлекательные лекции пользовались большой

популярностью у студентов. Среди слушателей Н. М. Федоровского было много тех, кто позднее возглавил крупные предприятия и целые отрасли народного хозяйства: И. Ф. Тевосян, А. П. Завенягин, В. С. Емельянов, П. А. Захаров, А. А. Амирасланов, академик А. М. Самарин и многие другие. Как известно, впоследствии на базе Горной академии были созданы специализированные институты: Горный, Стали и сплавов, Цветных металлов и золота, Нефтяной и газовой промышленности, Торфяной и Московский геологоразведочный.

14 мая 1920 года В. И. Ленин подписал подготовленный Н. М. Федоровским декрет о создании первого в России Минералогического заповедника в Ильменских горах на Урале.

Много сил в этот период Н. М. Федоровский отдавал систематизации данных о минеральных ресурсах страны. Им были заложены основы Государственного кадастра месторождений полезных ископаемых СССР. Особое внимание при этом было обращено на те виды минерального сырья, которые ранее ввозились из-за границы. Выполняя указания В. И. Ленина о необходимости изучения условий судоходства в низовьях Енисея и оценки природных ресурсов Норильского угольно-рудного района, Н. М. Федоровский организовал отправку в этот край второй экспедиции Н. Н. Урванцева.

Важное место в работах Н. М. Федоровского занимали юридические вопросы использования недр и проблемы популяризации достижений горной и геологической науки. Под его руководством специальная комиссия разработала Горный устав — основу советского законодательства о недрах, который вскоре был утвержден и долгое время определял порядок выделения и использования горного отвода. В июле 1918 г. Н. М. Федоровский организовал выпуск периодического журнала — «Известия Горного отдела ВСНХ», в котором был опубликован ряд важных статей по проблемам развития минерально-сырьевой базы советской промышленности.

Отдавая должное деловым и политическим качествам Николая Михайловича и учитывая важность возглавляемого им отдела ВСНХ, VI Всероссий-

ский съезд Советов в 1918 г. избрал его членом ВЦИК. В конце 1919 г. он с группой ответственных партийных и государственных работников был направлен на Украину для укрепления Советской власти. Вскоре Н. М. Федоровский утверждается членом Президиума Укрсовнархоза. И на этом посту он со свойственной ему энергией сумел оперативно решить ряд сложных проблем восстановления угледобычи в Донбассе, снабжения предприятий топливом, сохранения квалифицированных кадров горняков.

Работа Н. М. Федоровского в ВСНХ в начальный период создания советского государственного аппарата, в условиях послевоенной разрухи и продолжающейся гражданской войны, ярко продемонстрировала его выдающиеся организаторские способности, высокий профессионализм и партийную принципиальность.

Начавшийся после победы над внутренней и внешней контрреволюцией период хозяйственного строительства остро поставил задачу освоения передового научно-технического опыта. С этой целью в 1920 г. в Берлине было создано советское Бюро иностранной науки и техники (БИНТ), которое должно было обеспечить поступление в Россию информации о важнейших достижениях зарубежных ученых и предпринимателей. По рекомендации В. И. Ленина во главе этого бюро был поставлен Н. М. Федоровский. За короткий срок в условиях крайне недоброжелательного отношения к советским специалистам со стороны официальных германских властей Н. М. Федоровскому удалось наладить систематическое поступление важной научно-технической информации в Советскую Россию, установить полезные контакты с крупными учеными западных стран.

В конце 1922 г. Н. М. Федоровский назначается членом Коллегии Научно-технического отдела ВСНХ. На него была возложена сложная и очень актуальная работа по проведению в стране реформы мер и весов. Возглавляя сначала Междуведомственную, а затем Центральную метрическую комиссию при Совете Труда и Оборона, Н. М. Федоровский умело и настойчиво провел ряд общегосударственных

мероприятий, обеспечивающих внедрение в стране международной десятичной системы мер и весов.

Наиболее значительный период научной и научно-организационной деятельности Н. М. Федоровского связан с его работой директором Института прикладной минералогии, в 1935 г. переименованного во Всесоюзный научно-исследовательский институт минерального сырья (ВИМС). Организовав его в 1923 г. на базе петрографического института «Литогеа», Н. М. Федоровский вскоре превратил это не только в большое узкоспециальное и весьма далекое от решения практических задач научное учреждение в крупнейший исследовательский центр страны, сыгравший большую роль в подготовке минерально-сырьевой базы для целого ряда отраслей промышленности. На первых порах надо было привлечь этот институт высококвалифицированных специалистов. Высокий научный авторитет Н. М. Федоровского в академических кругах, его преподавательская деятельность в Горной академии и связи с промышленностью обеспечили концентрацию в Институте прикладной минералогии таких научных сил, каким могли бы позавидовать любые другие научные учреждения. В ВИМСе работали виднейшие ученые — академики В. А. Обручев, А. Д. Архангельский, Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, А. Е. Ферсман, Э. В. Брицке, профессора Я. В. Самойлов, В. В. Аршинов, А. А. Мамуровский, В. И. Лучицкий, Н. А. Смольянинов, Е. А. Кузнецов и многие другие. Это позволило быстро организовать широкий фронт исследовательских работ по многим видам минерального сырья, острейший голод в которых испытывала молодая советская промышленность.

Н. М. Федоровский придавал большое значение комплексному изучению полезных ископаемых с целью наиболее полного их использования в народном хозяйстве. В одном из трудов Н. М. Федоровский писал: «Для того чтобы определить промышленную ценность какого-либо месторождения, мало еще его разведать, мало установить запасы. Сама по себе мощность месторождения не определяет еще ни его ценности, ни его пригодности к про-

мышленной переработке. Чтобы установить такую пригодность, надо одновременно изучить качественные его показатели как с точки зрения физико-химических свойств, так и технологии самого полезного ископаемого, возможности обогащения, методов добычи и переработки, с подведением соответствующих экономических обоснований. Таким образом, для «познания» месторождений должен быть проведен определенный цикл исследований, где одновременно должны участвовать и геологи, и минералоги, и петрографы, и физики, и химики, и технологи, и обогащатели, и экономисты. Только при таком комплексном исследовании минерального сырья можно говорить о его действительно всестороннем изучении, дающем правильную промышленную оценку». Последовательное применение комплексного метода решения минерально-сырьевых проблем в ВИМСе, а затем и другими отраслевыми институтами обеспечило успешное развитие горнодобывающих и перерабатывающих отраслей промышленности в годы первых пятилеток и в последующий период социалистического строительства.

Другой важной задачей, которую поставил перед коллективом института его директор, было избавление государства от необходимости ввозить из-за рубежа множество видов минерального сырья, а также продуктов переработки ряда полезных ископаемых, главным образом неметаллических, имевшихся в недрах страны. Как известно, царское правительство перед первой мировой войной ввозило из-за рубежа ежегодно почти на 100 млн. руб. золотом цветных металлов и нерудного минерального сырья. По мере восстановления промышленности импорт минерального сырья в Советскую Россию начал увеличиваться.

За 1925—1935 гг. институтом было изучено большое количество месторождений различных полезных ископаемых. Институт принимал участие в подготовке сырьевой базы для гигантов первых пятилеток — Магнитогорского и Балхашского металлургических комбинатов, участвовал в создании Славянского химкомбината, Днепровского алюминиевого комбината,

строительства многих предприятий горнодобывающей промышленности.

Для развития института большое значение имел хозрасчет, обеспечивший приток необходимых финансовых средств. На хозрасчетных основах институт начал производить флюоресцирующие экраны для рентгеновских установок, некоторые виды электроизмерительной аппаратуры, организовал добычу высококачественного графита и электротехнической слюды в Сибири. Важную роль в повышении качества комплексных исследований минерального сырья играли опытные полупромышленные установки института, построенные под Москвой и в многочисленных его филиалах.

В качестве одного из важнейших направлений научно-производственной деятельности Н. М. Федоровский рассматривал участие института в решении градостроительных проблем Москвы. Во многих статьях он подчеркивал, что первойшей обязанностью ВИМСа как столичного исследовательского учреждения является помощь городу в реконструкции, совершенствовании коммунального хозяйства, обеспечении строительных работ новыми видами строительных и декоративных материалов. В частности, были проведены изыскания прочных и красивых каменных материалов для Мавзолея В. И. Ленина, декоративных сортов мрамора для Московского метрополитена, для набережных Москвы и Яузы.

Сейчас, когда вся страна работает над реализацией решений XXVII съезда КПСС, указавшего на необходимость решительного ускорения темпов социалистического строительства на основе использования передовых научно-технических достижений, актуальными выглядят принципы организации прикладной науки, провозглашенные и реализованные Н. М. Федоровским. Требование обязательной практической направленности исследований и доведения их до стадии, позволяющей непосредственно использовать полученные результаты в промышленности, соответствовало представлениям Н. М. Федоровского о науке как части производительных сил общества. Далеко не всеми учеными в тот период разделялись эти взгляды. Многие считали, что внедрение результатов научных ис-

следований в практику — удел инженерно-технических работников производства. Н. М. Федоровский на примере руководимого им института доказывал несостоятельность и вред подобных взглядов.

Н. М. Федоровский подчеркивал преимущества реализованного им в ВИМСе комплексного метода исследований и проведения всего цикла прикладных исследований на основе многоотраслевых комплексных бригад. «Еще задолго до образования сквозных ударных бригад на предприятиях, — писал он, — мы пришли к мысли, что научные исследования в области минерального сырья не могут быть оторванными от производства и каждая проблема должна проводиться от начала до конца всей группой работников, представляющих собой как бы сквозную ударную бригаду». Как все это близко к современным прогрессивным формам организации работ по методу бригадного подряда, по единому наряду, к системе межотраслевых научно-технических программ.

Н. М. Федоровский всегда считал, что внедрение научных разработок непосредственно на производстве — важнейший этап цикла исследовательских работ и научные сотрудники должны в нем активно участвовать. В одной из статей он писал, что сотрудники Института выполнили на предприятиях большой объем работ; некоторые из его сотрудников работают на рудниках по три — четыре года подряд. Далее он пишет: «Институт будет идти и дальше по этому пути. Что за польза от изобретения или открытия, от новой схемы, если промышленность по каким-то причинам не осваивает их, работая по-старому? Проблема, разрешенная исследовательским институтом, может считаться законченной не тогда, когда она поступает в портфель дирекции в качестве отчета, а когда новый цех, новый аппарат или новый завод пущен в ход и дает стране улучшенный или совершенно новый продукт».

ВИМС и сейчас твердо следует этим установкам. Его сотрудники имеют тесные связи с производственными организациями, совместно осваивают новые прогрессивные методы, новую технологию, новые механизмы и приборы.

Для Н. М. Федоровского как дирекного сырья, особенно нерудного, идущего в ВИМСа были чрезвычайно хашего часто без переработки в ту или другую высокую прозорливость, гоиную сферу использования. Это создавал масштаб мышления, являлось большие трудности при оценке. Так, например, предвидя освоение выявленных запасов минерального сырья в будущем новых районов страны, богасырья, их сопоставлений с зарубежными гидроэнергетическими ресурсами, он требовал опережающего проведения стандартов, критериев сортировки в этих регионах геологопоисковости и качества наносило прямой и разведочных работ по выявлению ущерба экономике. ВИМС развил ин-оценке потенциальных рудно-сырьевых интенсивные работы в этом направлении. баз промышленных предприятий. Уже была выпущена большая серия «Тре- в те годы он говорил о необходимости формирования промышленности к качеству системного подхода к формированию минерального сырья», создавались экономической инфраструктуры стандарты качества нерудных полезных с учетом развития ряда крупных ископаемых. Сейчас в ВИМСе ус- ных территориально-производственных продолжаете стандартизация комплексов на базе Севанского каскада методов исследования минерального да ГЭС, энергии реки Ангары, Чирсырья.

На базе подразделений или филиалов чикской и других ГЭС Средней Азии. Большое внимание Н. М. Федоровский уделял проблемам синтеза минерального сырья. Отмечая ограниченность промышленности — ность и недоступность для советской промышленности природного криолитовый институт асбеста, Государствен- та — важнейшего компонента при про- ный институт удобрений и ряд других. изводстве алюминия, месторождении Много внимания Н. М. Федоровский которого было известно в те годы лишуделял воспитанию молодых специали- в Гренландии, он организовал синтестов, внимательно следил за их науч- этого минерала в ВИМСе и рекомендовал ростом, способствовал выдвиже- довал промышленную технологию ернию наиболее талантливых из них. получения для внедрения на пред- Именно из этой плеяды вышли видные приятиях страны. По всем показате- ученые, ставшие впоследствии акаде- лям эта технология превышала парамиками: И. П. Алимарин, П. А. Ребин- метры зарубежных фирм и была осво- дер, В. И. Спицын; членами-коррес- на на отечественных заводах. ндентами АН СССР стали А. Ф. Ка- ВИМСе также был получен синтез пустинский, Л. В. Пустовалов, профес- ческий корунд для часовой промыш- сорами — Е. В. Рожкова, Е. Е. Заха- ленности и для абразивов. В скороро, Б. Я. Меренков, А. К. Русанов, времени промышленное производство. И. В. Шманенков, В. А. Мокроусов, этого материала было освоено по ра- Д. Готман, Л. М. Шамовский, работкам ВИМСа на бывш. Черномор- В. С. Веселовский, Н. М. Собинякова ченском (ныне ПО «Корунд») химком многие другие.

Деятельность Н. М. Федоровского минералов, начинавшиеся под руководством создания и развитию Всесоюзного ством Н. М. Федоровского в ВИМСинститута минерального сырья актив- ные в системе Министерства геологии и высоко оценивали СССР продолжают во ВНИИСИМС выдающиеся государственные и пар- Необходимо упомянуть еще од- тийные деятели страны Ф. Э. Дзер- важное направление перспективных исследований Н. М. Федоровского жинский, В. В. Куйбышев, Г. К. Орд- жоникидзе. На это внимание руко- связанных со стандартизацией требо- дителей партии и правительства ваний к минеральному сырью и к институт отвечал высокой результатив- лучаемым из него продуктам. До ностью исследований, их быстрой реа- становки этих работ в ВИМСе Н. М. Федорозацией на предприятиях. В приказе доровским в стране практически на- аркома тяжелой промышленности было четко установленных требований Г. К. Орджоникидзе от 15 марта 1935 г. о работе Всесоюзного инсти-

тута минерального сырья отмечалось, что «за 10 лет своего существования институт проделал огромную работу в деле создания промышленности минерального сырья и освобождения СССР от иностранной зависимости». Г. К. Орджоникидзе выразил благодарность всему коллективу научных и инженерно-технических работников института. Николай Михайлович Федоровский за исключительно большие заслуги по созданию Института прикладной минералогии и выдающиеся организационное и научное руководство был премирован легковым автомобилем. Имя его было занесено на Всесоюзную Доску Почета инженерно-технических работников Наркомтяжпрома. Высоко были отмечены и его научные заслуги. Он избирается членом-корреспондентом АН СССР, ему присваивается ученая степень доктора геолого-минералогических наук.

Н. М. Федоровский часто бывал в научных экспедициях и посетил большинство главных горнопромышленных районов страны. Весьма плодотворными были его поездки в Среднюю Азию вместе с А. Е. Ферсманом, Д. И. Щербаковым, В. А. Обручевым и другими видными учеными.

В 1929 г. Н. М. Федоровский участвовал в качестве делегата от Советского Союза в работе XV Международного геологического конгресса в Претории (Южная Африка). Ознакомление с обстановкой, в которой формировались кимберлитовые трубки Южной Африки, привело его к выводу о возможности обнаружения алмазов и на территории нашей страны в «многочисленных, богатых магнезиальными основными вулканическими породами, районах Сибири и Северного Урала». Эти высказывания были первым в отечественной литературе указанием на возможную потенциальную алмазоносность Сибирской платформы. Активное участие Н. М. Федоровский принял и в организации XVII Международного геологического конгресса в Москве.

Значительно литературное наследие ученого. Им опубликовано свыше 150 монографий, крупных научных статей и коротких заметок. Он был создателем и главным редактором журнала «Минеральное сырье», пользовавшегося широкой известностью в СССР и за

рубежом. Большую редакторскую работу он вел при издании Большой советской энциклопедии и Технической энциклопедии. Много внимания Н. М. Федоровский уделял пропаганде и популяризации научных знаний, привлечению молодежи к исследованию минеральных ресурсов страны. Его увлекательные научно-популярные книги «Охотники за камнями», «По горам и пустыням Средней Азии», «В стране алмазов и золота» и другие с большим интересом читаются и сегодня. С их страниц перед нами встает незаурядный образ автора — человека, беззаветно преданного своей профессии, пламенного патриота, коммуниста, активного борца за создание мощной горной промышленности Советского Союза.

Н. М. Федоровский умер 27 августа 1956 г. В некрологе памяти ученого газета «Правда» писала: «...в лице Н. М. Федоровского советская общест-

венность потеряла талантливого ученого-минералога, одного из старейших членов Коммунистической партии Советского Союза».

Память о Н. М. Федоровском бережно хранят советские геологи, работники горнодобывающей и перерабатывающей промышленности. Они широко используют научные и научно-организационные идеи ученого, развивая и углубляя их, подтверждая жизнеспособность и прогрессивность передовых приемов решения научно-производственных задач, разработанных и проверенных на практике Н. М. Федоровским. Успешно следует по намеченному им пути и созданный ученым Всесоюзный институт минерального сырья. За последние годы он добился существенных результатов в совершенствовании методов поисков и оценки месторождений полезных ископаемых, решил ряд важных технологических задач.

Доклад Е. А. Козловского сделан 5 декабря 1986 г. в Доме ученых на торжественном собрании представителей научной общественности Москвы, посвященном 100-летию со дня рождения видного советского государственного и общественного деятеля, активного участника революции 1905—1907 гг. и Великой Октябрьской социалистической революции, выдающегося ученого-минералога, члена-корреспондента АН СССР, доктора геолого-минералогических наук, профессора Н. М. Федоровского.

На собрании выступил также вице-президент АН СССР академик А. Л. Яншин, охарактеризовавший вклад Н. М. Федоровского в развитие различных направлений геологической науки. Новые данные о литературно-публицистической деятельности Н. М. Федоровского сообщил журналист С. Л. Щеглов-Норильский. Тепло были встречены участниками собрания выступления учеников и соратников Н. М. Федоровского — академика И. П. Алимарина, профессора В. П. Петрова, доктора технических наук Н. М. Собиняковой, поделившихся воспоминаниями о годах совместной работы с замечательным ученым и гражданином.

В. Н. ПОЛУЭКТОВ, Л. Н. СМЕРНОВ,
Л. Н. ЩЕРБАКОВ (Союзгеолфонд)

50 лет Всесоюзному геологическому фонду

27 марта 1987 г. исполняется 50 лет со дня образования Всесоюзного геологического фонда (ВГФ). Он был создан по постановлению Совнаркома СССР с целью объединения и рационального использования результатов работ всех ведомств и организаций Союза ССР в области поисков, разведки и изучения месторождений полезных ископаемых, а также промышленного использования минерально-сырьевых ресурсов. До создания ВГФ не было подобного общегосударственного органа. Эти задачи до 1929 г. частично решались Геологическим комитетом, которым было собрано около 50 тыс. геологических документов и составлены первые обзоры минерально-сырьевой базы СССР.

После перестройки геологической службы страны в 1929—1931 гг. учет минеральных ресурсов и результатов работ осуществлялся геологическими и промышленными организациями различных ведомств, что обусловило неоднозначный подход к вопросам учета. Для правильного планирования геологических исследований и использования их результатов в народном хозяйстве потребовалось создание единой общесоюзной организации, в которой бы сосредоточивались и обобщались все геологические материалы.

Одним из инициаторов создания Всесоюзного геологического фонда, его первым начальником был В. П. Новиков — горный инженер, член партии с 1904 г., активный участник революционного движения, талантливый руководитель. Он определил основные направления деятельности фонда и стиль его работы — активное участие в решении актуальных задач развития минерально-сырьевой базы СССР.

Создание единой фондовой геологической службы страны завершилось в 1938 г. При районных геологических управлениях и трестах были организованы отделения ВГФ, обеспечивавшие ведение фондовых работ в пределах территорий их деятельности и представление в ВГФ данных для составления сводок по СССР.

В предвоенные годы основное внимание ВГФ направлялось на решение организационных вопросов, на создание единой методической базы фондовой службы и скорейшее развитие ее важнейших направлений — учета запасов и месторождений полезных ископаемых СССР и результатов геологоразведочных работ. В 1939—1941 гг. были изданы инструкции по учету запасов, по составлению паспортов месторождений и ведению кадастра месторождений и проявлений полезных ископаемых, по инвентаризации, систематизации и каталогизации геологических материалов и их хранению. Одновременно формировался фонд неопубликованных геологических материалов, основу которого составил архив Геологического комитета. ВГФ предстояло собрать 120 тыс. различных геологических документов, находившихся в распоряжении более 400 организаций. Кроме того, предполагалось ежегодно принимать из территориальных фондов до 7 тыс. отчетов.

Несмотря на серьезные затруднения, возникавшие при сборе геологических материалов, в 1941 г. в ВГФ уже хранилась 81 тыс. документов. Было организовано их использование; функционировали каталог и читальный зал.

В 1944 г. Совнарком СССР утвердил инструкцию о порядке представления геологических материалов во Всесоюзный и территориальные геологические фонды, которая установила, что списание затрат по завершённым геологическим работам должно производиться только после представления отчетов в соответствующие геологические фонды. Таким образом была создана система, обеспечивающая полный сбор всех материалов по геологическому изучению недр.

Важнейшим направлением в работе ВГФ являлся учет запасов и месторождений полезных ископаемых, а также результатов геологоразведочных работ. Однако в тот период еще не было обоснованной классификации запасов и принципов достоверного и полного их учета. Так, геологоразве-

дочные организации относили к геологическим запасам в недрах сумму балансовых и забалансовых запасов, а многие добывающие предприятия показывали как геологические лишь запасы, имеющие промышленное значение; в отдельных случаях к геологическим запасам относились только запасы, утвержденные Всесоюзной (ВКЗ) или республиканскими комиссиями по запасам полезных ископаемых. Кондиционность сырья часто устанавливалась на основании качественных показателей, принятых ВКЗ, а при отсутствии их — на основании показателей, сложившихся в практике работы определенной отрасли промышленности.

С 1 января 1938 г. ВГФ ввел единый дифференцированный по категориям (A_1 , A_2 , B , C_1 , C_2) и видам запасов (геологические, балансовые, промышленные) порядок ежегодного (по состоянию на 1 января) учета запасов полезных ископаемых в предприятиях и организациях по единым формам. Изменения запасов, связанные с добычей, потерями при добыче полезного ископаемого, геологоразведочными работами и переоценкой, выявлялись только по геологическим запасам.

Однако практическая реализация такого учета тормозилась низким уровнем работ только что созданной на горнодобывающих предприятиях геолого-маркшейдерской службы. Поэтому на начальной стадии составлялись сводки запасов и обзоры по отдельным видам сырья на основе имеющихся в ВГФ архивных материалов. Так, в 1938 г. ВГФ были составлены сводки запасов по 20 видам полезных ископаемых по состоянию на 1 января 1937 г. В дальнейшем количество видов полезных ископаемых, вовлеченных в сферу учета, постоянно увеличивалось, а обзоры приобретали все более углубленный характер.

Геологическая общественность высоко оценила результаты этих работ. Так, А. Е. Ферсман по поводу геолого-экономического обзора сырьевой базы меди в 1939 г. писал начальнику ВГФ: «...Внимательно ознакомившись с полученным материалом, я не могу не высказать Вам благодарности за прекрасное издание, являющееся образ-

цом для составления подобных сводок по сырьевой базе нашего Союза».

В 1938 г. Всесоюзный геологический фонд начал составлять карты геологической, а с 1940 г. и гидрогеологической изученности СССР, вести кадастр подземных вод. Тогда же начались составление и публикация ежегодных реестров выполненных геологоразведочных и научно-исследовательских работ с целью их учета, предупреждения параллелизма и дублирования, а также контроля за своевременным поступлением материалов в хранилища геологических фондов.

В годы Великой Отечественной войны на ВГФ была возложена задача полного освещения подготовленности к промышленному освоению месторождений полезных ископаемых, необходимых для нужд обороны страны. Уже в 1941 г. в тяжелых условиях эвакуации было проведено выявление месторождений полезных ископаемых, пригодных для расширения добычи, ввода в разработку и для постановки разведочных и поисковых работ. Большое внимание уделялось углю, алюминию, водороду, водообеспеченности районов стратегического значения. В 1942 г. ВГФ приступил к составлению полных балансов запасов полезных ископаемых, включавших данные о запасах на начало года, об изменениях запасов за год в результате добычи и потерь при добыче, разведки и пересчета, а также сведения о запасах на конец года и о количестве запасов, утвержденных ВКЗ. В балансах приводились описания всех учитываемых месторождений. Всего в 1942—1944 гг. было составлено и издано 70 томов по 68 видам минерального сырья.

Продолжалось создание кадастра месторождений и проявлений полезных ископаемых СССР, который на 1 января 1945 г. насчитывал более 95 тыс. объектов учета 112 видов минерального сырья. Пополнялись также карты геологической и гидрогеологической изученности территории СССР. С 1942 г. началось составление карты геофизической изученности.

В 1944 г. в ВГФ был создан отдел минеральных ресурсов зарубежных стран, который приступил к составлению и изданию сборников по этой те-

матике на основе опубликованных материалов.

Послевоенный период восстановления народного хозяйства страны отмечен в отрасли ускоренным развитием минерально-сырьевой базы и интенсивным ростом объемов геологоразведочных работ. В связи с этим остро встал вопрос об улучшении учета работ на стадии планирования для предотвращения их дублирования и параллелизма. С этой целью ВГФ организует регистрацию геологических исследований, проводимых всеми министерствами и ведомствами.

С 1949 г. стала осуществляться регистрация планов геологических работ в территориальных фондах, а с 1954 г. ВГФ начал регистрировать работы по территории СССР в целом. В 1954 г. по причине дублирования было отклонено 73 работы общей стоимостью более 19 млн. руб.

В 1947—1953 гг. ВГФ проводил совершенствование системы учета запасов полезных ископаемых, стремясь к более четкому отражению в балансах запасов обеспеченности предприятий не геологическими, как это было ранее, а балансовыми запасами. Своевременность и важность этих работ была обусловлена необходимостью наведения порядка в деле учета запасов полезных ископаемых. При этом было отмечено, что по отдельным месторождениям сведения о запасах в балансах расходятся с данными добывающих министерств, имеются также различия в оценке запасов по их промышленному значению. Министерством геологии СССР и добывающими министерствами были приняты меры к устранению отмеченных недостатков.

С 1950 г. ВГФ приступил к ежегодному изданию балансов отдельно по каждому виду сырья. В отличие от балансов, составлявшихся ранее, в них отражались состояние и движение балансовых и забалансовых запасов.

Издание балансов и других геологических материалов, подготовляемых Всесоюзным геологическим фондом, длительное время выполнялось Госгеолиздатом (Госгеолтехиздатом). В 1958 г. в составе Всесоюзного геологического фонда было создано хозрасчетное копировально-картографическое

предприятие, что позволило сократить сроки издания балансов и улучшить пользование фондовыми материалами путем снятия копий с отчетов и карт для заинтересованных организаций.

Следующим важным этапом в развитии учета запасов полезных ископаемых явилось отражение в балансах реальной обеспеченности минеральным сырьем отдельных отраслей народного хозяйства. К концу 60-х годов были выявлены многочисленные крупные месторождения высококачественного сырья. В связи с этим приобрели большое значение вопросы рентабельности действующих и строящихся предприятий по добыче полезных ископаемых, стали предъявляться более серьезные требования к деятельности добывающих министерств, а с их стороны — повышенные требования к качеству запасов минерального сырья. В то же время балансами запасов учитывались многие месторождения, утратившие промышленное значение, разведанные в годы первых пятилеток и в послевоенные годы и характеризующиеся небольшими запасами или низким качеством сырья. Кроме того, баланс запасов недостаточно четко отражал степень промышленного освоения разведанных запасов. Как правило, он не содержал сведений о движении на разрабатываемых месторождениях запасов, утвержденных ГКЗ СССР (ТКЗ), что затрудняло оценку обеспеченности ими добывающих предприятий.

В постановлении Совета Министров СССР от 25.06.71 г. № 438 «О мерах по дальнейшему улучшению планирования и организации геологоразведочных работ, а также по упорядочению учета разведанных запасов полезных ископаемых» указывалось, что отмеченные недостатки приводят к неправильным представлениям об обеспеченности разведанными запасами отдельных отраслей народного хозяйства и ряда предприятий.

Постановление обязало предприятия и организации представлять ВГФ ежегодно одновременно с отчетными балансами данные о распределении разведанных месторождений по степени промышленного освоения и один раз в пять лет — данные об остатках на разрабатываемых месторождениях разве-

данных запасов полезных ископаемых, утвержденных ГКЗ СССР и ТКЗ.

Постановлением был также определен порядок принятия запасов, выявленных в процессе предварительной разведки, на балансовый учет только при наличии временных кондиций, утвержденных заинтересованными министерствами по согласованию с Министерством геологии СССР.

Большое значение для отражения в балансах реального состояния обеспеченности минеральными ресурсами отраслей народного хозяйства имело проведение в 1968—1972 гг. «расчистки» балансов от объектов, утративших промышленное значение. Всего в этот период по решению Межведомственной комиссии было снято с учета около 1500 месторождений и переведены в забалансовые запасы более 200 месторождений.

Совершенствование баланса запасов полезных ископаемых, проведенное на основе постановления Совета Министров СССР от 25.06.71, позволило более детально проанализировать состояние минерально-сырьевой базы страны и поставить актуальные задачи ее развития.

Большое значение для развития фондовых работ имело принятие в 1975 г. Верховным Советом СССР «Основ законодательства Союза ССР и союзных республик о недрах», в соответствии с которыми регистрация и учет работ по геологическому изучению недр, учет месторождений и запасов полезных ископаемых были поставлены на государственную основу. Законодательством о недрах определено содержание Государственного кадастра месторождений полезных ископаемых и Государственного баланса запасов полезных ископаемых, установлено их целевое назначение.

Кадастр месторождений первоначально составлялся как краткий справочник для предварительного ознакомления с характеристиками месторождений, проявлений, геофизических и геохимических аномалий и перспективных структур. К 1974 г. он насчитывал 178 тыс. объектов учета. Ведение кадастра было основано на применении библиотечно-архивных методов, что ограничивало его использование при решении вопросов, связанных с мине-

рально-сырьевой базой больших территорий и СССР в целом. Достоверность информации была низка ввиду слабой обновляемости данных кадастра. С 1975 г. в соответствии с законодательством о недрах ВГФ приступил к созданию кадастра с новым целевым назначением на основе новых методических и организационных принципов с использованием современных средств вычислительной техники.

Значительное влияние на дальнейшее развитие фондовых работ оказало совершенствование организационной структуры управления отраслью геологии и разведки недр. В 1978 г. в соответствии с генеральной схемой управления отраслью при Министерстве геологии СССР на базе ВГФ было создано объединение «Всесоюзный геологический фонд» (Союзгеолфонд), на которое были возложены следующие основные задачи:

государственный учет всех выявленных на территории СССР и его континентального шельфа запасов, месторождений и проявлений полезных ископаемых;

государственный учет результатов работ по геологическому изучению недр, создание централизованного фонда неопубликованной геологической информации и обеспечение ею всех заинтересованных министерств, ведомств и организаций СССР;

государственная регистрация работ по геологическому изучению недр, выполняемых организациями и предприятиями Союза ССР независимо от их ведомственной подчиненности.

Кроме того, в задачи Союзгеолфонда входят учет степени геологической изученности территории СССР, сравнительный анализ минерально-сырьевой базы СССР и зарубежных стран, внедрение современных методов и средств электронно-вычислительной техники в фондовые работы и методическое руководство работой республиканских и территориальных геологических фондов.

Объединение «Союзгеолфонд» создано как единый производственно-хозяйственный комплекс, осуществляющий тематические геологоразведочные и издательские работы в целях обеспечения народного хозяйства, его отдельных отраслей геологической информацией,

необходимой для обоснования направлений геологоразведочных работ, размещения предприятий добывающей промышленности, обобщения и использования результатов работ по геологическому изучению недр, предотвращению их дублирования и решения других народнохозяйственных задач.

На современном этапе объединение осуществляет дальнейшее совершенствование созданных ранее систем учета запасов и месторождений полезных ископаемых и других разделов фондовой деятельности.

В балансы запасов основных видов полезных ископаемых включены разделы, характеризующие состояние минерально-сырьевой базы экономических районов страны. По большинству полезных ископаемых в балансах приводятся запасы как металла, так и руды по республикам и экономическим районам; для некоторых полезных ископаемых запасы разделены и по видам отработки; улучшено освещение вопросов, связанных с рациональным, комплексным использованием месторождений полезных ископаемых; для каждого месторождения приводится перечень попутных полезных ископаемых и компонентов.

В Государственном кадастре месторождений и проявлений полезных ископаемых СССР (ГКМ СССР) содержатся геологическая характеристика каждого месторождения, сведения о количестве и качестве запасов основных и совместно залегающих полезных ископаемых и попутных компонентов, данные о горнотехнических, гидрогеологических и других условиях разработки месторождений и их геолого-экономическая оценка. Краткие сведения приводятся и по каждому проявлению полезных ископаемых. На 1 января 1986 г. информационный массив ГКМ СССР включал свыше 11 млн. данных.

В целях обеспечения эффективного поиска информации в указанном массиве данных и их логико-математической обработки, а также для обеспечения многовариантных расчетов по запросам пользователей, Союзгеолфонд совместно с НПО «Парма» Минприбора разработал автоматизированную фактографическую информационно-поисковую систему «Кадастр», реали-

зующую обширный набор поисковых и обрабатывающих функций. В 1985 г. система «Кадастр» была принята комиссией Министерства геологии СССР для внедрения в опытную эксплуатацию в отрасли.

Создание централизованного фонда неопубликованных геологических материалов как части Государственного архивного фонда СССР, и организация его использования осуществляются Центральным геологическим фондохранилищем (ЦГФ) объединения Союзгеолфонд. Общее количество материалов, находящихся на хранении, превышает 1 млн. единиц. Ежегодно ЦГФ принимает на постоянное хранение около 7 тыс. геологических отчетов и более 3 тыс. карт и обслуживает около 4 тысяч специалистов. Начато создание фонда геологических материалов на микроносителях.

С целью эффективного планирования работ по геологическому изучению недр Союзгеолфонд постоянно ведет учет материалов и составление картограмм геологической, гидрогеологической, инженерно-геологической и геофизической изученности территории СССР. Систематически осуществляет государственную регистрацию геологических работ, проводимых на крупных территориях, во внутренних морях, территориальных водах, на континентальном шельфе СССР и в Мировом океане, а также всех гравиметрических работ на суше и в акваториях.

В составе объединения действует Центральное специализированное производственное хозрасчетное предприятие (ЦСП), которое осуществляет издание Государственного баланса запасов полезных ископаемых СССР, различных обзоров состояния и перспектив развития минерально-сырьевой базы СССР и зарубежных стран, инструкций и методических разработок по фондовой работе, а также объяснительных записок к геологическим картам и другой специализированной геологической литературы. ЦСП изготавливает также копии карт, графических и текстовых приложений к отчетам по заказам геологических организаций, бланки и формы статистической отчетности, микрофотокопии фондовых материалов, производит реставрационные работы объединения. В 1986 г.

ЦСП издало около 4 тыс. печатных листов геологической литературы, изготовило более 200 тыс. листов копий геологических материалов и около 11 тыс. микрофиш.

Большой объем фондовых работ проводится территориальными и республиканскими геологическими фондами (ТГФ). Они подготавливают сводные отчетные балансы запасов полезных ископаемых, осуществляют ведение кадастра месторождений и проявлений полезных ископаемых, кадастра подземных вод, учет изученности и сводную регистрацию всех видов геологических работ по обслуживаемым территориям. Все эти материалы ТГФ направляют в установленные сроки в объединение «Союзгеолфонд» для обобщения по территории СССР. На 1 января 1985 г. в республиканских и территориальных фондах насчитывалось свыше 800 тыс. геологических отчетов. Ежегодно ТГФ принимают более 16 тыс. отчетов и обслуживают более 100 тыс. специалистов.

Отмечая свое 50-летие, коллектив Всесоюзного геологического фонда не только подводит итоги проделанной работы, но и ведет поиск путей решения новых задач и перспективных проблем.

Руководствуясь решениями XXVII съезда КПСС, в целях всемерной интенсификации производства на основе научно-технического прогресса Союзгеолфонд разработал перспективную программу работ объединения на 1986—1990 годы и до 2000 года, в которой основное внимание уделено главным направлениям — учету запасов и месторождений полезных ископаемых, а также организации хранения и использования неопубликованных материалов по геологическому изучению недр страны.

По первому направлению предстоит решить две принципиальные задачи: обеспечить полный учет всех запасов и ресурсов полезных ископаемых и создать автоматизированную систему сбора, обработки и выдачи информации по минеральным ресурсам и месторождениям.

Как известно, Государственным балансом учитываются только запасы месторождений, имеющих доказанное

промышленное значение. Однако в последние годы все большую роль в планировании развития минерально-сырьевой базы страны начинают играть месторождения с возможным промышленным значением, запасы которых подсчитываются по результатам поисково-оценочных работ и в процессе предварительной разведки. Существенно возросла и роль прогнозных ресурсов. Поэтому система полного учета всех запасов и ресурсов должна состоять из трех основных документов: государственного баланса запасов полезных ископаемых СССР по месторождениям, имеющим промышленное значение (составляется ежегодно); баланса запасов и прогнозных ресурсов по месторождениям с возможным промышленным значением (составляется ежегодно) и обзора прогнозных ресурсов по районам и СССР в целом (составляется один раз в пять лет).

Создание автоматизированной системы учета минеральных ресурсов и месторождений стало необходимым в связи с неуклонным ростом объема сведений как за счет выявления новых видов сырья и месторождений, так и за счет расширения количества отражаемых показателей. В настоящее время достигнут предел информативности издаваемого баланса и каждое введение новых показателей неизбежно приводит к исключению какой-то другой информации и перестройке табличной части баланса. Автоматизированный сбор, обработка и выдача информации являются единственным способом ее накопления и представления на различные уровни практически в любых сочетаниях и объеме.

Автоматизацию учета запасов и месторождений предполагается осуществить как на основе создания автоматизированных систем «Баланс» и «Кадастр», которые будут составными частями комплекса автоматизированных систем по управлению минеральными ресурсами страны, так и путем широкого внедрения в практику учета запасов современной микропроцессорной техники, что позволит уже в ближайшее время автоматизировать процесс составления балансов полезных ископаемых.

Для таких полезных ископаемых, как уголь, нефть и газ, могут быть ис-

пользованы автономные более простые автоматизированные системы, позволяющие оперативно осуществлять подготовку баланса средствами ЭВМ и формировать соответствующий банк данных по запасам. Это подтверждается опытом работы ПГО «Запсибгеология» по составлению на ЭВМ баланса запасов угля по Кузнецкому бассейну и Министерства геологии Украинской ССР — по составлению баланса запасов нефти по территории республики.

Хранение и рациональное использование неопубликованной геологической информации является второй основной областью работ Союзгеолфонда, где назрела необходимость коренных качественных изменений. Созданная в СССР система обеспечивает регулярный сбор, хранение и использование практически всех материалов по геологическому изучению недр страны, что является крупным достижением геологической отрасли. Она функционирует на двух уровнях: в Союзгеолфонде, где сосредоточены первые экземпляры отчетов, и в 45 ТГФ, где хранятся их вторые экземпляры.

Однако в последние годы стали проявляться некоторые отрицательные факторы в работе с неопубликованной геологической информацией: постоянно растет объем поступающей в фонды информации, что приводит к значительному дефициту площадей хранения; остаются недостаточными объемы и темпы роста работ по созданию страхового и рабочего фондов геологических материалов на микрофотоносителях; в хранилищах содержатся материалы, утратившие практическое значение и не имеющие исторической ценности.

Для коренного улучшения работ в области сбора, хранения и организации использования неопубликованной геологической информации в двенадцатой пятилетке намечено осуществить ряд мероприятий:

провести ревизию хранилищ геологических фондов с целью изъятия из

них материалов, утративших практическое и историческое значение;

существенно увеличить объем работ по созданию фонда микрофотокопий, с тем чтобы к 2000 г. в основном завершить перевод на микроносители наиболее важных и часто используемых фондовых материалов;

приступить к автоматизации процесса поиска и выдачи неопубликованной геологической информации.

Всесоюзный геологический фонд постоянно играл ведущую роль в создании и практической реализации надежной системы учета запасов и месторождений полезных ископаемых, не имеющей аналогов в мировой геологоразведочной практике. Издаваемые им балансы запасов полезных ископаемых СССР используются многочисленными организациями страны для перспективного и текущего планирования геологоразведочных работ и добычи минерального сырья, при проектировании предприятий, а также при решении вопросов комплексного использования полезных ископаемых.

Богатейший материал, собранный в хранилищах геологических фондов, составляемые картограммы геологической, гидрогеологической, геофизической и инженерно-геологической изученности территории СССР широко используются производственными и научно-исследовательскими организациями.

Всесоюзным геологическим фондом создана информационная база, которая будет служить основой для формирования минерально-сырьевой программы развития народного хозяйства страны.

Коллектив Всесоюзного геологического фонда полон решимости трудовыми успехами способствовать выполнению поставленных XXVII съездом КПСС задач по ускорению социально-экономического развития нашего общества, своевременно обеспечивать отрасли народного хозяйства высококачественной информацией о состоянии и освоении минерально-сырьевой базы СССР.



Пути повышения эффективности крупномасштабных геологических съемок

За последние десятилетия геологическая изученность территории СССР, в особенности важнейших горнорудных регионов, значительно возросла [11]. Практически все подвижные пояса центра и юга страны покрыты кондиционными геологическими съемками не только средних, но и крупных масштабов, а во многих частях, кроме того, проведены различные специализированные детальные работы. Выполнены большие объемы геофизических, геохимических, а также тематических исследований различной целевой направленности. Вместе с тем на фоне возросшей геологической заснятости и опойскованности горнорудных регионов все с большей остротой стали проявляться трудности проведения дальнейших геологоразведочных работ.

Подобное положение обусловлено, во-первых, естественным сокращением фронта поисков легко открываемых рудных месторождений, непосредственно выходящих на дневную поверхность. Поэтому на первый план выдвигаются значительно более сложные задачи поисков и оценки погребенных и скрытых месторождений. Во-вторых, крупномасштабное картирование и детальное опойсывание с поверхности привело к выявлению в каждом регионе огромного количества рудопоявлений (сотни), точек минерализации и геохимических аномалий (тысячи и десятки тысяч). Их природа и поисковое значение в процессе съемочных работ остаются, как правило, не выясненными. Попытки же рассматривать такие рудопоявления и геохимические аномалии в качестве прямых индикаторов скрытого оруденения без их соответствующей геолого-генетической типизации и разбраковки ведут к распылению сил и средств, снижению эффективности поисковых и поисково-оценочных работ.

Таким образом, крупномасштабное геологическое картирование и опойс-

кование горнорудных регионов выдвинуло новые задачи по углубленному изучению связей между геологическими, петрографо-геохимическими, металлогеническими и другими явлениями, определяющими закономерности концентрирования тех или иных металлов в одних условиях и геоструктурах и рассеивание их в других. Существенное повышение информативности и качества крупномасштабных геологических карт стало прямым требованием современной геологоразведочной практики. Эти же требования несомненно будут определять и переход к составлению Государственной геологической карты СССР масштаба 1 : 50 000.

Проблему улучшения крупномасштабного геологического картирования автор обсуждает применительно к горнорудным регионам с пара- и миогеосинклинальными режимами развития и профилирующей металлогенией золота, редких и цветных металлов.

В таких регионах с мощными карбонатно-терригенными и существенно терригенными черносланцевыми комплексами пород картируемые толщи отличаются монотонностью, не содержат надежных маркирующих горизонтов и бедны фаунистическими остатками. Вместе с тем они сильно смяты, неравномерно рассланцованы, метаморфизованы и подверглись интенсивным метасоматическим преобразованиям, что привело к сильному затуханию их первичной литолого-стратиграфической расслоенности. При картировании таких комплексов пород в качестве главного традиционно принимается литолого-стратиграфический метод, предусматривающий выявление и документацию границ пластов осадочных пород, их форм, условий залегания и мощностей, состава литофаций, их текстур и т. п. Однако этот метод, вполне надежный при изучении платформенных и других геоструктур

со слабо преобразованными слоистыми отложениями, явно недостаточен при картировании горнорудных регионов в подвижных поясах.

Проблема повышения качества крупномасштабного картирования применительно к рассматриваемым условиям должна решаться следующим образом: 1) выявление типичных недостатков и ошибок в практике геологического картирования и их устранение при надлежащем повышении научно-методического уровня работ; 2) переход от двухмерного к трехмерному изучению геологических структур и их графическому изображению до глубины 3—5 км и более; 3) профилирование геологического картирования, учитывающее главные его цели и металлогенические особенности изучаемых регионов.

Изучение геологических карт рассматриваемых регионов позволяет выявить следующие их недостатки:

ненадежная стратиграфическая расчлененность метapelитовых комплексов, сопровождающихся выделением многих проблематичных свит местного значения с условными границами и возрастами;

неудовлетворительное картирование зон глубинных разломов, их виргадий разного порядка, а также складчатых структур;

недостаточная расчлененность комплекса по степени динамометаморфического и регионально-метасоматического преобразования метapelитов.

Анализ геологических карт герцинского пояса Южного Тянь-Шаня показывает, что стратиграфические разрезы и геологические структуры даже хорошо обнаженных соседних хребтов часто не увязываются и поэтому существуют разные варианты их истолкования. Так, суммарная мощность пород от среднего карбона до рифея (?) многими геологами для Северонуратинского хребта оценивается в 15,7 км, а для соседнего Южнонуратинского — в 2—3 км. На этих картах отображено соприкосновение по тектоническим нарушениям узких блоков пород, относимых по косвенным признакам к разному возрасту, начиная от проблематичных протерозоя и кембрия до различных подъярусов фаунистически охарактеризованного карбона. Глу-

бинные разломы в этом подвижном поясе несомненно являются важнейшими тектоническими структурами. Между тем при крупномасштабных съемках они не были закартированы и не выделены в качестве особых тел (зон) с присущими им большими мощностями, сложными наборами метаморфических пород, специфическими парагенезисами структурных элементов и зональностью [10].

В двадцатилетней истории геологического картирования этого региона, в которой происходила последовательная смена масштабов съемки от 1 : 1 000 000—500 000 до 1 : 200 000 и 1 : 50 000, можно выявить три характерные тенденции: увеличение с годами количества местных свит (от первых десятков до сотен), обычно не увязывающихся по листам съемки; расширение по косвенным признакам возрастного диапазона картируемых свит (в 50—60-х годах ордовик — карбон, в 70—80-х годах протерозой — карбон); чрезвычайное усложнение на картах структуры региона, обусловленное изображением огромного количества разломов на границах несбивающихся условных местных свит.

Одной из главных причин подобного положения явилось неудовлетворительное расчленение терригенного комплекса пород по степени его дислоцированности, метаморфизма и регионального метасоматоза. Эти преобразования палеозойских пород особенно интенсивно происходили на этапе тектонической инверсии (во второй половине карбона) и характеризовались большой изменчивостью в пространстве в связи с мозаично-блоковой раздробленностью кристаллического основания миогеосинклинали и кинематической активностью глубинных разломов.

Пластические деформации пелитовых терригенных и карбонатных пород в одних условиях сопровождалась метасоматическим отложением эндогенного углерода (и почернением пород), в других — его окислением. Определенные причинные взаимосвязи с этими явлениями имеют такие регионально проявленные процессы, как щелочно-кварцевый метасоматоз в метapelитах и доломитизация в карбонатных породах, флюидно-инъекционное

окварцевание, рассеянная сульфидизация и др. Поэтому большая часть выделенных при съемках местных свит отражает сложно изменяющуюся в пространстве степень преобразования относительно однородного комплекса палеозойских метapelитов в тектонических структурах разной подвижности и проницаемости. Однако эти преобразования и закономерности их изменения по латерали и вертикали в структурах в основном остались неизученными, так как при одностороннем литолого-стратиграфическом подходе их вскрыть не удается.

В Яно-Колымском регионе разрез юрской системы общей мощностью 7—9 км подразделяется на 9—10 стратиграфических единиц (свит, толщ, подсвит), которые представлены чередованием песчаников, алевролитов, аргиллитов без их дифференциации на геологических картах по степени расчленения и другим преобразованиям. Поэтому зоны региональных нарушений, контролирующие процессы динамометаморфизма, метасоматоза и эндогенного оруденения, не получают отображения на картах. Последние передают однородное чередование на протяжении сотен километров множества «осей антиклиналей и синклиналей» и линий «разрывных нарушений», которые в совокупности дают представление о направлениях протекания дислоцированного верхоянского комплекса, но совершенно не раскрывают важнейшие особенности его внутреннего строения. Соответственно неопределенной остается позиция в региональных структурах как уже выявленных и разведанных рудных месторождений, так и многочисленных рудопроявлений.

Аналогичные недостатки в картировании мощного осадочно-метаморфического комплекса протерозойских пород можно видеть на примере миогеосинклинали Енисейского кряжа. Так, высокопродуктивную на цветные и другие металлы сухопитскую черносланцевую серию принято подразделять на шесть свит: четыре терригенные, карбонатную и карбонатно-глинистую. Породы этих свит подверглись интенсивным дислокациям с развитием линейной складчатости и претерпели неоднородный метамор-

физм от аспидной и филлитовой до амфиболитовой фации.

Судя по наборам петрографических типов пород, некоторые из названных свит представляют собой не простые стратифицированные тела с первичной слоистостью по составу, а метаморфические сланцевые зоны, в которых вторичная структурно-вещественная анизотропия преобладает над слоистостью. Так, в составе кординской свиты широко распространены углеродистые и слюдисто-доломитовые вторичные метасоматические породы. Динамометаморфические кварц-хлорит-серицитовые и кварц-биотитовые сланцы количественно преобладают над песчаниками и алевро-глинистыми сланцами, являющимися реликтами Горбилонской свиты, представленной в основном серицитовыми, кварц-серицит-хлоритовыми и другими сланцами с реликтовыми блоками глинистых и других пород, не отличающихся от нее. Удережская свита углеродистых динамосланцев и филлитов.

Критерии выделения названных свит, как и границы между ними, весьма условны, соотношения между свитами в разных частях региона различны. Выделяемые при картировании петрографические разности пород, например серые и темно-серые в разной мере углеродистые динамосланцы «...проследить по простираанию хотя бы на расстояние 2—3 км весьма затруднительно, они переходят друг в друга, выклиниваются, исчезают и появляются в другом месте, но в комплексе уже с другими петрографическими разностями» [8, с. 67]. Очевидно, что картирование сланцевых комплексов, подобных сухопитской серии, должно быть не столько литолого-стратиграфическим (поскольку первичные структуры здесь сохраняются лишь в реликтовых блоках), сколько петроструктурным, ориентированным на изучение зон глубинных разломов и процессов неоднородного ламинарного течения метapelитов при их расчленении и перекристаллизации. Опыт подобных исследований мощных сланцевых зон Иртышского (П. Ф. Иванкин, 1950—1957 гг.), Кузнецкого Алатауского (С. С. Долгушин, 1965—1970 гг.), Кызылкум-Нуратинского [10], Ишимбинского [5] глубинных

разломов свидетельствует об их эффективности при решении прогнозно-металлогенических задач.

Аналогичные примеры явно недостаточной структурно-вещественной расчленяемости осадочно-метаморфических комплексов пород при крупномасштабном геологическом картировании могут быть приведены и по другим регионам. Поэтому недостатки подобного рода, по-видимому, надо считать типичными для современного этапа изучения подвижных поясов с пара- и миогеосинклинальными режимами развития.

Определенные сложности геолого-структурного картирования метapelитов обусловлены своеобразием процессов их дислоцирования, восстановления метасоматоза и флюидизации. В процессе расчленения тонко- и мелкозернистых осадочных пород, в особенности при кососекущих соотношениях сланцеватости со слоями различной степени компетентности, возникают вторичные текстуры и структуры, которые в процессе съемки иногда ошибочно принимаются за седиментогенные (псевдоконгломераты, псевдопесчаники, ложная горизонтальная и косая слоистость, ложные знаки ряби и др.).

В зонах большой тектонической подвижности и высокой проницаемости для глубинных флюидов в метapelитах широко развиты разнообразные продукты сульфидно-карбонатно-углеродистого и щелочно-кварцевого метасоматоза и сопутствующей флюидизации пород. К ним относятся черные углеродистые флюидно-инъекционные кремни, сливные кварцево-кремневые брекчии, слюдисто-альбито-кварцевые и существенно кварцевые мелкозернистые метасоматические породы, а также различные сегрегации «метаморфогенного» кварца в виде гнездовых скоплений, зон прожилкования, штокверков и мощных жил. Все эти образования, генетически связанные с процессами изменения метapelитов в зонах инфильтрационного восстановительного метасоматоза, являются секущими по отношению к стратиграфическому разрезу и образуют зональный ряд большой вертикальной протяженности (более 4—5 км). Многие из них при картирова-

нии метapelитовых комплексов ошибочно принимаются за осадочные стратифицированные тела, что не только приводит к искусственным стратиграфическим и тектоническим построениям, но и в методологическом отношении не позволяет выявить истинную природу региональных геохимических аномалий и рассеянных мелких рудопроявлений различных металлов в углеродистых метapelитовых комплексах.

С позиций упрощенного литолого-стратиграфического подхода такие аномалии и рудопроявления ошибочно рассматриваются в качестве седиментогенных, что снимает необходимость изучения их взаимосвязей с тектоническими структурами и процессами петрогенеза. Эти и некоторые другие методические вопросы изучения и картирования метасоматических и флюидно-инъекционных образований в углеродистых метapelитовых комплексах ранее были описаны на примере черных углеродистых кремней [3].

Основная причина ошибок в картировании терригенных осадочно-метаморфических комплексов, по нашему мнению, состоит в неразработанности некоторых теоретических и методических вопросов их изучения. Существующие руководства по геологическому картированию [6] четко дифференцируют требования к проведению работ «в районах развития осадочных образований» и «в области развития метаморфических», к которым относятся преимущественно докембрийские кристаллические комплексы. В пособиях по съемке сложнослоистых комплексов [7] основной упор делается на изучение морфометрии и геометрии дислокаций. В них не освещается специфика структурно-вещественного изучения и картирования переходных образований — осадочно-метаморфических, наиболее широко развитых в фанерозойских подвижных поясах с мио- и парагеосинклинальными режимами развития.

Повышение уровня геологического картирования таких геоструктур требует создания специальных методических пособий, предусматривающих резкое улучшение структурно-вещественного изучения пород и процессов их преобразования в тесной увязке с

геологическими структурами разного типа и историей их развития. Необходимо также пособия по методике картирования зон глубинных разломов, регионально-метасоматических преобразований углеродистых пород и ассоциирующих с ними процессов рассеивания и концентрирования благородных, цветных и редких металлов.

Крупномасштабные карты горнорудных регионов, даже если они являются достаточно объективными, в силу своей двумерности не дают необходимого представления о строении регионов. По латерали геологические структуры и составляющие их тела в соответствии с требованиями масштаба съемки прослеживаются на десятки и сотни километров, поведение же их на глубине даже первых километров не изучается и не отображается графически. Поэтому остаются крайне схематичными наши представления о размещении в земной коре по вертикали полезных ископаемых, продуцирующих их магматических и метаморфических комплексов, их вертикальной зональности, геодинамике и эволюции структур, а также о других взаимосвязанных явлениях.

Правомерно ли такое положение и имеет ли оно оправдание с методологических позиций? Несколько десятилетий назад оно могло находить оправдание в слабой геологической изученности регионов, фрагментарности крупномасштабных съемок, неразработанности теоретических вопросов, нехватке опытных кадров. В настоящее время, когда крупномасштабной съемкой уже покрыты огромные территории, накоплен разнообразный опыт глубинного изучения структур, происходит явное отставание изучения глубинного геологического строения по сравнению с высоким уровнем познания поверхности. Следует подчеркнуть, что отставание это не является только следствием недостаточной разрешающей способности геофизических методов для объемного картирования сложных геологических структур. Речь идет об определенных диспропорциях в развитии самих геологических методов и приемов изучения литосферы, недостаточной их целеустремленности и ориентированности на трехмерность

и объемность изучения геологических структур.

В силу сложившихся подходов объемные реконструкции глубинного строения рудных районов даже для недоступных геологическому анализу глубин, равных суммарной мощности стратифицированных отложений, донным положениям [4]. последнего времени не предусматривались ни инструкциями по геологическим съемкам, ни методиками тематических исследований тектонической, петрологической, металлогенической и любой другой направленности. У геологов, предусматриваемых масштабом работ даже выработался «психологический барьер», мешающий им экстраполировать геологические тела на структурные элементы на глубинах ниже уровня непосредственного наблюдения или забоя скважины. По данным поперечных и продольных разрезов, связанные с интерполяцией и экстраполяцией наблюдений, требующие тщательных трехмерных увязок стратиграфического разреза, складчатости и стереометрического подхода к чертам и разрывным структурам разного порядка и нестратифицированных геологических тел с отображением их морфологии, падения и склона до заданных глубин. При этом должны быть использованы геологоразведочные, геофизические, геоморфологические и другие данные, несущие информацию о характере поведения структурных элементов и геологических тел в пространстве. Карта и система разрезов должны быть взаимосвязанными и давать достаточно полное трехмерное представление о геологической структуре.

Вместе с тем возросшие трудности решения геологоразведочных задач настоятельно требуют именно трехмерного, объемного подхода к изучению геологических структур рудных регионов [9]. Накопленный опыт геологической структуре. Объемный анализ геологической структуры района как единого целого и совокупности взаимосвязанных частей (структурных блоков и межблоковых подвижных зон разного порядка, антиклиналей и синклиналей и других элементов), обоснование их геодинамических соотношений и оптимального варианта отображения глубинной структуры, увязанного с документально закартированными структурами поверхности в пределах изученного района. Глубина возможной реставрации структуры района — это основание нижнего геосинклинального этажа. Однако поскольку необходимые для ее надежной количественной оценки сейсмические и другие данные обычно отсутствуют, глубина разрезов может

ориентировочно оцениваться по суммарной мощности сводной стратиграфической колонки. Надежно обоснованный стратиграфический разрез и выявленные закономерности его изменения по латерали облегчают задачу реконструкции глубинного строения. В регионах с широким развитием немых и достаточно однородных терригенных отложений, в значительной мере превращенных в метаморфические сланцы разных фаций, приходится решать и обратную задачу: путем объемных увязок структур уточнять реальную мощность сводного стратиграфического разреза и последовательность налегания пород разного литологического состава. В этих случаях метод объемного изучения геологических структур незаменим и при региональных стратиграфических исследованиях.

Предварительные реконструкции глубинного строения герцинского подвижного пояса Тянь-Шаня позволили по-новому представить его структуру и геодинамику, понять позицию в структурах и тенденции вертикальной зональности базитового и гранитоидного магматизма, метаморфизма и регионального метасоматоза, что создает качественно новую основу для прогнозирования скрытого оруденения.

Преимущества метода объемных реконструкций геологических структур состоят и в том, что объекты исследования конкретизируются как трехмерные системы, рассматривается более широкий круг взаимосвязей между явлениями; все это способствует выбору более достоверных построений и гипотез. Поэтому планомерный переход от двухмерного к объемному изучению и отображению геологических структур рудных районов будет стимулировать актуальные теоретические и методические разработки как в области собственно геологической картографии, так и в смежных областях рудной геофизики и региональной геохимии.

Резервы повышения качества крупномасштабного картирования, связанные с его профилированием, состоят в усилении целевой направленности, т. е. в конкретизации его важнейших задач. Как отмечено в Методическом руководстве по геологической съемке масштаба 1 : 50 000 [10]: «Если при

геологической съемке масштаба 1:200 000 поиски ведутся на все полезные ископаемые, возможные в районе, то при съемке масштаба 1:50 000 они специализируются в отношении главных для данного района полезных ископаемых, хотя ведутся на все полезные ископаемые» (с. 6). Это положение методики пока, к сожалению, мало реализуется в съемочно-поисковой практике. Оно, безусловно, нуждается в большей конкретизации применительно к каждому изучаемому типу району.

При современной металлогенической изученности страны практически для каждого ее региона такая конкретизация может быть осуществлена соответствующими отраслевыми институтами, возглавляющими прогнозно-поисковые работы на те или иные виды минерального сырья. Она должна опираться на глубокие знания промышленно-генетических и формационных типов месторождений полезных ископаемых и процессов рудообразования, а также типовые взаимосвязи их с литологической средой, геологическими структурами, метаморфизмом и магматизмом. Целенаправленное изучение этих взаимосвязей и их графическое отображение по специальным легендам и должно составлять существо профилирования крупномасштабных съемок рудных регионов.

Предлагаемые пути повышения эффективности крупномасштабных геологических съемок касаются лишь отдельных сторон сложной и актуальной проблемы совершенствования методов познания верхней части земной коры. Однако реализуемая программа глубинного геофизического профилирова-

ния и сверхглубокого бурения должны сопровождаться мобилизацией и тесно вертикального падением. Рудные резервы познания глубин, которые тела представлены крутопадающими объективно присущи крупномасштабными залежами протяженностью по падению геологическому картированию от нескольких десятков до 300 м подвижных поясов, проводимому на более. По морфологическим особенностям выделяются два типа рудных тел: линейно-вытянутые штокверковые зоны (участок 1) и кварцево-жилковые зоны со «стержневой» кварцевой жилой (участок 2). По составу это окварцованные в разной степени породы, в которых кварцевые прожилки различной мощности секут вмещающие глинистые и углито-глинистые сланцы, рассланцованные алевролиты, песчаники. Не менее 95 % золота в рудах связано с кварцевыми прожилками. Оруденение характеризуется высокой изменчивостью содержания ценного компонента в рудных телах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас морфоструктур рудных полей В. Н. Акчурина, В. А. Булыничников, Ю. Д. Зубков и др. М.: Недра, 1970.
2. Иванкин П. Ф. Морфология глубоководных магматогенных рудных полей. М.: Недра, 1970.
3. Иванкин П. Ф., Назарова Н. И. О природе черных углеродистых кремней в Юго-Западном Тянь-Шане. — Сов. геология, 1985, № 6, с. 104—116.
4. Иванкин П. Ф., Назарова Н. И., Цой Р. Е. Объемные реконструкции глубинного строения подвижных поясов. — Узб. геол. журнал, 1984, № 6, с. 10—18.
5. Лопатин Л. П. О картировании зон разломов рудных районов и полей. — Сов. геология, 1985, № 8, с. 75—79.
6. Методическое руководство по геологической съемке масштаба 1:50 000. Т. 1. Л. Недра, 1974.
7. Методическое пособие по геологической съемке масштаба 1:50 000. Вып. 6. Л. Недра, 1980.
8. Петров В. Г. Докембрий западного обрамления Сибирской платформы. Новосибирск: Наука, 1982.
9. Принципы и методы крупномасштабного прогнозирования оруденения (на примере Рудного Алтая) / Н. Л. Бубличенко, Ю. Ю. Воробьев, П. Ф. Иванкин и др. М.: Недра, 1972.
10. Роль глубинных разломов в строении Центральных Кызылкумов и Нуратинского хребта / П. Ф. Иванкин, Д. Г. Ажигирев, Н. И. Назарова и др. — Сов. геология, 1984, № 3, с. 65—71.
11. Соколов Р. И., Марковский А. П., Музалев С. А. Отечественная геологическая картография. — Сов. геология, 1977, № 11, с. 23—29.

5,0 м), однако в связи со сложившимся представлением о морфологии рудного тела высказывалась точка зрения о низкой достоверности этого способа опробования.

Выявлено также существенное расхождение в содержании золота по результатам эксплуатационной разведки и по данным опробования золотоизвлекающей фабрики.

В такой обстановке выбрать рациональный способ опробования и объяснить причину неподтверждения содержания металла традиционным путем — сопоставлением результатов различных видов опробования — не представлялось возможным. Принимая во внимание, что основными носителями золота в рудах месторождения являются кварцевые прожилки, систематически замерялись элементы их залегания. Изучение прожилков проведено на разных рудных телах, на различных горизонтах и забоях. Выполнены замеры элементов залегания 735 кварцевых прожилков, которые классифицировались по простиранию и углам падения. Золотоносность кварцевых прожилков приведена по данным ГРЭ, разведовавшей месторождение.

Результаты изучения кварцевых прожилков приведены в таблицах 1, 2 и 3.

Данные таблиц 1, 2 и 3 показывают следующее:

1) наиболее распространены в рудных телах кварцевые прожилки мощностью менее 2 см (более 80 % всех зафиксированных прожилков), мощность их не зависит от ориентировки в пространстве;

Таблица 1

Характеристика кварцевых прожилков по мощности (192 замера)

Простирание прожилков	Менее 5 см			5—10 см			Более 10 см		
	Количество	Частота встречаемости, %	Средняя мощность, см	Количество	Частота встречаемости, %	Средняя мощность, см	Количество	Частота встречаемости, %	Средняя мощность, см
Северо-западное	75	80,0	1,1	8	8,5	8,0	11	11,5	45,0
Северо-восточное	55	83,4	1,1	8	12,1	9,3	3	4,5	25,0
Субширотное	9	75,0	1,5	—	—	—	3	25,0	96,0
Субмеридиональное	16	80,0	1,3	3	5,0	10,0	1	5,0	18,0
Всего	155	80,7	1,2	19	10,0	9,0	18	9,3	48,8

УДК 550.85 : 622.342.1

Ю. А. КАЗАЧЕНКО, Л. В. ШИВЕРСКИХ (Иргиредмет Минцветмета СССР)

Учет геологических факторов при выборе рационального варианта эксплуатационного опробования

Особенности геологического строения месторождения, в первую очередь морфология и размеры рудных тел, их внутреннее строение и условия залегания, являются основными факторами, определяющими методику эксплуата-

ционной разведки. Это в значительной мере обусловило направление проведенных исследований.

Изученное золоторудное месторождение приурочено к мощной тектонической зоне дробления субширотного

Классификация золотоносных кварцевых прожилков

Простирание прожилков	Азимут падения	Участок 1									Участок 2									Месторождение									
		Углы падения						Количество прожил- ков			Углы падения			Количество прожилков			Углы падения						Количество прожилков						
		пологие (0—35°)		наклонные (36—65°)		крутые (66—90°)		в каждой системе		по участку	пологие (0—35°)		наклонные (36—65°)		крутые (66—90°)		в каждой системе		по участку	пологие (0—35°)		наклонные (36—65°)		крутые (66—90°)		в каждой системе		по место- рожде- нию	
		шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%	%	
Северо-за- падное	С—В (20— 70°) Ю—З (190—260°)	12	48,0	95	79,8	55	52,9	162	65,3	45,1	—	—	2	44,9	3	16,7	25	32,5	41,6	12	34,3	117	69,6	58	47,5	187	57,5	44,2	
		13	52,0	24	20,2	49	47,1	86	34,7		10	100,0	7	55,1	15	83,3	52	67,5		23	65,7	51	30,4	64	52,5	138	42,5		
	Сумма	25	100,0 41,9	119	100,0 48,0	104	100,0 10,1	248	100,0		10	100,0 13,9	12	100,0 63,6	18	100,0 23,4	77	100,0		35	100,0 10,8	168	100,0 51,7	122	100,0 37,5	325	100,0		
Северо- восточное	С—З (280—340°) Ю—В (120—150°)	4	23,5	50	39,7	32	49,2	86	41,3	37,8	1	100,0	5	55,5	14	34,1	30	43,5	37,3	5	27,8	65	42,5	46	43,4	116	48,0	37,7	
		13	76,5	76	60,3	33	50,8	122	58,7		—	—	2	44,5	27	65,9	39	56,5		13	72,2	88	57,5	60	56,6	161	58,1		
	Сумма	17	100,0 8,2	126	100,0 60,6	65	100,0 31,2	208	100,0		1	100,0 1,7	7	100,0 39,1	41	100,0 59,4	69	100,0		18	100,0 6,5	153	100,0 38,7	106	100,0 38,3	277	100,0		
Субширот- ное	С (350— 10°) Ю (170— 180°)	2	100,0	9	19,1	5	35,7	16	25,4	11,5	—	—	5	71,4	11	84,6	16	72,7	11,9	2	50,0	14	25,9	16	59,3	32	37,6	11,6	
		—	—	38	80,9	9	64,3	47	74,6		2	100,0	2	28,6	2	15,4	6	27,3		2	50,0	40	74,1	11	40,7	53	62,4		
	Сумма	2	100,0 3,2	47	100,0 74,6	14	100,0 22,2	63	100,0		2	100,0 9,7	7	100,0 31,8	13	100,0 59,1	22	100,0		4	100,0 4,7	54	100,0 63,5	27	100,0 31,8	85	100,0		
Субмери- диональное	В (80—90°) З (270°)	2	50,0	11	64,7	8	80,0	21	67,7	5,6	1	100,0	1	33,3	11	84,6	13	76,5	9,2	3	60,0	12	60	19	82,6	34	70,8	6,5	
		2	50,0	6	35,3	2	20,0	10	32,3		—	—	2	66,4	2	15,4	4	23,5		2	40,0	8	40	4	17,4	14	29,2		
	Сумма	4	100,0 12,9	17	100,0 54,8	10	100,0 32,3	31	100,0		1	100,0 5,6	3	100,0 17,6	13	100,0 76,5	17	100,0		5	100,0 10,4	20	100,0 41,7	23	100,0 47,9	48	100,0		
Всего		48	8,7	309	56,2	193	35,1	550	100,0	14	7,1	14	45,5	85	45,9	185	100,0	62	8,4	395	53,8	278	37,8	735	100,0				

Таблица

Золотоносность основных систем кварцевых прожилков

Система прожилков	Количество проб	Содержание золота, усл. ед.	
		от — до	среднее
Северо-западная	18	0,8—177,8	18,2
Северо-восточная	15	0,6—144,5	20,7
Субширотная	11	1,3—87,9	17,0
Субмеридиональная	4	0,9—68,3	16,1

2) по простиранию могут быть выделены четыре системы кварцевых прожилков: северо-западная, северо-восточная, субширотная и субмеридиональная. В каждой из них фиксируется падение прожилков в противоположные стороны, т. е. можно говорить о восьми подсистемах кварцевых прожилков по ориентировке;

3) наибольшим развитием пользуются прожилки северо-западного и северо-восточного простирания (4/5 от их общего количества), при этом первые преобладают над вторыми. Субширотные и субмеридиональные прожилки имеют подчиненный характер;

4) по углам падения кварцевые прожилки классифицированы на три группы: пологие, наклонные, крутые. Широко распространены наклонные, составляющие более половины всех изученных прожилков, менее всего развиты прожилки первой группы, несколько более 1/3 составляют прожилки третьей группы;

5) соотношения прожилков различной ориентировки, несмотря на различие морфологических особенностей оруденения, в принципе остаются постоянными, что обусловлено расположением участков в единой мощной тектонической зоне;

6) кварцевые прожилки трех основных систем (93 % от всех изученных) характеризуются практически одинаковым уровнем золотоносности и размахом колебаний содержаний золота в прожилках каждой системы.

Выполненные исследования выявили конкретную геологическую ситуацию оруденения, а полученные результаты позволили обосновать рациональный вариант эксплуатационной разведки и объяснить причину расхождения содержаний золота по данным рудника и фабрики.

Бороздовое опробование. При высоте рабочего уступа 10 м и горизонтальной мощности рудного тела также 10 м каждая канава эксплуатационной разведки (с учетом правил интерполяции) характеризует блок руды или породы объемом $10 \times 10 \times 10 \text{ м}^3$. Иными словами, на одном ровную бороздовую пробу приходится 100 м^3 горной массы. Канавы прокладываются вкрест простирания рудного тела по азимуту $20-30^\circ$ и пересекают менее 55 % всех прожилков (табл. 2). Но такое же или близкое простирание имеют не менее 44 кварцевых прожилков (северо-восточных и субмеридиональных) и, значит, борозды опробования проходят параллельно им. Борозды либо «падают», либо «не попадают» на прожилки. В первом случае результаты опробования получаются явно завышенными, во втором — заниженными. Вероятность «попадания» борозды на прожилки прямо пропорциональна интенсивности проявления прожилков при этом в богатых рудах существенно возрастает вероятность завышения содержаний золота, а в бедных — занижения результата и перевод штейн-забалансовые руды.

Высказанное положение согласуется с результатами детального опробования, проведенного на трех базовых экспериментальных площадках, расположенных на разных горизонтах рудного тела, при этом в богатых рудах существенно возрастает вероятность завышения содержаний золота, а в бедных — занижения результата и перевод штейн-забалансовые руды. Вероятность «попадания» борозды на прожилки прямо пропорциональна интенсивности проявления прожилков при этом в богатых рудах существенно возрастает вероятность завышения содержаний золота, а в бедных — занижения результата и перевод штейн-забалансовые руды. Вероятность «попадания» борозды на прожилки прямо пропорциональна интенсивности проявления прожилков при этом в богатых рудах существенно возрастает вероятность завышения содержаний золота, а в бедных — занижения результата и перевод штейн-забалансовые руды.

Таблица 4

Результаты бороздового опробования экспериментальных площадок

№ линий	Количество проб в линиях	Среднее содержание металла, усл. ед.		
		Балансовые руды		Забалансовые руды, площадка 3
		площадка 1	площадка 2	
1	10	1,6	4,1	1,3
2	10	1,9	1,9	1,7
3	10	2,7	6,0	1,6
4	10	0,4	5,4	1,5
5	10	3,9	2,6	1,3
6	10	3,7	5,6	2,3
7	10	15,9	9,5	2,1
8	10	2,3	6,1	1,6
9	10	5,9	2,0	3,7
10	10	1,8	3,8	1,7

каждой площадке отбиралось по 100 однометровых бороздовых проб. Среденные результаты опробования сведены в табл. 4.

Приведенные данные указывают на контрастность оруденения и, как следствие, на случайный характер результата по отдельным линиям бороздового опробования, зависящий от положения последних на экспериментальной площадке.

Шламовое опробование. Каждая скважина при высоте рабочего уступа 10 м характеризует блок объемом $4 \times 4 \times 10 \text{ м}^3$, т. е. на 1 м скважины приходится 16 м^3 горной массы. Следовательно, представительность (информативность) шламового опробования взрывных скважин более чем в шесть раз выше результатов бороздового опробования. При расстоянии между скважинами 4 м и высоте уступа 10 м теоретически могут быть пропущены прожилки с углом падения более 68° (по простиранию). Доля таких прожилков составляет 7 % (см. табл. 2). Принимая подсечение или неподсечение крутого кварцевого прожилка равновероятными (вероятность 50 %), получим теоретически возможный пропуск (неподсечение) прожилка, не превышающий 18,5 %. Учитывая также, что прожилки каждой системы падают в противоположных направлениях, при этом угол между ними обычно близок к прямому, число вероятно пропускаемых прожилков можно сократить вдвое, и тогда оно составит менее 10 %.

Проведенный анализ свидетельствует о преимуществе опробования шлама взрывных скважин по сравнению с бороздовым опробованием канав эксплуатационной разведки. Обоснованность такого вывода подтверждается результатами промышленных испытаний, проведенных на месторождении. Был отработан блок и добытая при этом руда в течение 17 сут перерабатывалась на заранее подготовленной золотоизвлекательной фабрике. Таким образом, были «заверены фабрикой» результаты основных методов опробования: бороздового опробования канав эксплуатационной разведки и шламового опробования взрывных скважин.

Сопоставление результатов основных видов опробования с «эталоном» приведено в табл. 5.

Анализ приведенных данных показывает, что:

наиболее полное соответствие эталону за все время промышленных испытаний характерно для шламового опробования, при этом колебания содержаний металла за отдельные периоды относительно технологического опробования не превышают $\pm 10 \%$;

средние содержания металла в руде за период эксперимента по результатам шламового и бороздового опробования относительно близки между собой и различаются на 21 %;

по отдельным периодам бороздовое опробование дает значительные колебания содержаний относительно эталонного, при этом наблюдаются случаи как завышения (+46 %), так и за-

Сопоставление результатов опробования

Период работы, дни	Масса руды, т	Среднее содержание золота, усл. ед.		
		Технологическое (эталонное) опробование	Бороздовое опробование	Штамовое опробование
4	3 311	2,40	3,50	2,24
10	7 807	2,78	1,68	2,86
3	2 664	2,30	1,27	2,18
17	13 782	2,60	2,04	2,58

нижения (—55 %) содержаний. Случайный (не систематический) характер отклонений свидетельствует о недостаточной представительности даже серии бороздовых проб, отобранных за период в несколько дней. В связи с этим бороздовое опробование не может быть рекомендовано для текущей оценки качества перерабатываемых руд.

Таким образом, проведенное изучение основных носителей золота на месторождении — кварцевых прожилков — и их классификация по элементам залегания опровергли сложившееся мнение о преобладающем субширотном простираннии прожилков и их крутом падении, согласно с падением рудных тел и рудовмещающей зоны в

целом. Крутые прожилки (угол падения более 65°) составляют лишь треть от их общего количества и представлены четырьмя системами по простиранию. Это внесло существенные коррективы в представление о внутреннем строении рудных тел, коренным образом изменило подход к выбору рационального варианта эксплуатационного опробования и позволило рекомендовать единый способ — опробование шлама взрывных скважин. Промышленные испытания подтвердили обоснованность этой рекомендации, полученной в результате изучения геологических факторов распределения оруднения — золотоносных кварцевых прожилков.

УДК 550.8.003.1

С. П. БАЛАШОВА

О путях совершенствования методов прогноза, поисков и оценки месторождений полезных ископаемых*

Ключевым вопросом интенсификации геологоразведочного производства является повышение надежности применяемых на практике критериев прогноза, поисков и оценки месторождений. В настоящее время существует прямая зависимость результативности изучения обстановок нахождения месторождений от объемов геологоразведочных работ, т. е. от величины денежных вложений. В экономике такой путь развития известен как экстенсивный. Для перехода на интенсивный путь необходимо, чтобы повышение результативности достигалось одновременно с закономерным уменьшением объемов работ. Это возможно

только за счет повышения надежности применяемых критериев.

Недостаточная надежность межстадийных критериев общеизвестна и является главной причиной неправильных оценок рудности, а прогноз основывается на сравнении площадей. Считается, что появление боковых критериев связано с недостатком фактических объектов по принципу аналогии. Однако практика геологоразведочных работ подтверждает этого. Несмотря на то что последние пятнадцать лет количество информации возросло на несколько порядков, повышение надежности применяемых критериев не произошло.

Ниже проводится анализ природы ошибок в процессе выделения прогнозно-поисковых признаков при господствующем в настоящее

Таблица

методологическом подходе к изучению обстановок нахождения месторождений и рассматриваются их причины. На основе полученных результатов формулируются требования к каждому из выделенных этапов изучения обстановки нахождения месторождения, которые позволяют обеспечить необходимую достоверность и доказуемость результата и возможность оценки степени достоверности выделенного критерия.

О природе ошибок в процессе выделения прогнозно-поисковых и оценочных критериев. Выделение прогнозных, поисковых и оценочных критериев производится на этапе межстадийного прогноза, предшествующего соответствующей стадии. В настоящее время любой межстадийный прогноз включает четыре подэтапа [7, 8]: 1) типизация рудных объектов, 2) установление критериев прогноза, 3) районирование перспективных территорий, 4) разработка рекомендаций по направлению работ. Причины появления ошибочных критериев, таким образом, нужно искать на первых двух подэтапах.

Первый подэтап — типизация рудных объектов — заключается в структурно-вещественной классификации уже известных объектов по принципу их состава, структуры, связи с формациями и другими геологическими факторами с учетом экономического значения. Целью типизации является установление статистически устойчивых сочетаний признаков в обстановке их нахождения. Это важнейшее звено прогнозного исследования, поскольку здесь ставится вопрос о закономерностях размещения месторождений и рудных тел — создается так называемая типовая (эталонная) модель. Ее элементы используются затем в качестве прогнозных признаков.

Особо важными требованиями при создании типовой модели считается предельная эмпиричность и фактографическая строгость исходных данных, полученных при возможно более полном изучении обстановки нахождения месторождений на каждой из стадий [4, 5 и многие другие работы]. Это требование отражено в широко известном принципе объективности, который выражается в принципе «зачем нам знать, почему».

Прогнозные критерии (второй подэтап) устанавливаются на основе выделенных признаков. Их конкретизация производится путем анализа форм выражения элементов типовой модели и их отклонения от эталонной ситуации в различных условиях поиска. [5, с. 12]. Таким образом, выделение прогнозно-поисковых и оценочных критериев сводится к установлению устойчивых связей рудных объектов с геологическими признаками изучаемой территории, а прогноз основывается на сравнительном анализе фактического материала с эталонными объектами по принципу аналогии. Теория познания такой метод называется индуктивным [7].

Требование сугубо эмпирического подхода при этом связано с представлением о том, что исследователь при наблюдении оперирует объектами реальности как таковыми, не зависящими от его воли и сознания (так называемая концепция естественности природных явлений). Отсюда эталоном научности и критерием

объективности при изучении обстановки нахождения месторождений с целью выделения прогнозно-поисковых критериев считается опытный факт, т. е. наблюдение явления в неконтролируемых исследователем условиях.

На этом основании в геологоразведочном производстве при совершенствовании методов прогноза и поисков месторождений в качестве главного методологического принципа выдвигается требование независимости от генетических и других интерпретационных построений, как нарушающих объективность. Например, в работе [4, с. 26] говорится: «...любые генетические построения, как бы совершенны они ни были, содержат элементы субъективизма...» «...понятие «благоприятности для рудоотложения», фигурирующее во многих концепциях, не всегда обеспечено строгими объективными обоснованиями»; и далее: «...генетические концепции... отвечают на вопрос «как», а ответ на главный для прогноза вопрос — «где» — обычно связан с наблюдаемыми обстановками нахождения месторождений» (здесь и ниже разрядка наша.— С. Б.).

При обосновании новых критериев оторванность от теоретических интерпретационных построений приводится как гарантия высокой достоверности получаемых результатов [10, с. 11]: «Базисные положения рудноформационного анализа и его методология, опирающиеся на наблюдаемые явления, по существу, не зависят от интерпретационных построений».

Ниже рассматривается, насколько «объективными» являются результаты исследований при подобном подходе.

Из теории познания известно (положение о бесконечности дискретных свойств реальности), что никто не может изучить во всей полноте и сложности никакую часть реального мира. Поэтому «полное» изучение обстановок нахождения месторождений принципиально невозможно. Геолог фиксирует обстановку не во всей полноте и сложности, как это предполагает концепция естественности, а лишь определенным образом преобразованной его мышлением («вижу то, что знаю») [8].

Классики марксизма-ленинизма неоднократно доказывали в своих работах ошибочность принципа предельной эмпиричности и концепции естественности. «Кажущееся,— подчеркивает В. И. Ленин,— есть сущность в одной ее определении, в одной из ее сторон, в одном из ее моментов» (Полн. собр. соч., т. 29, с. 119). Поскольку геологи обладают различным кругом знаний, они фиксируют в полевых условиях несколько разных сторон объекта и получают неодинаковые результаты. Например, хотя пласт — объективно существующее тело и как-либо изменить его не в силах наблюдателя, понятие «пласт», его границы и свойства весьма различны в сознании петрографа, гидрогеолога, геолога-рудника, в том числе и в зависимости от их предшествовавшего опыта. Самая очевидная закономерность, контролирующая оруденение (к примеру, «первичная проницаемость вмещающей породы»), не будет зафиксирована наблюдателем, если он не имеет о ней никакого представления.

В объектах реальности нет каких-либо критериев и эталонов значимости, сущности

* Публикуется в порядке обсуждения.

или предпочтительности одних характеристик, качеств или границ любым другим (положение о равнозначности свойств объектов реальности). Только геолог, хочет он того или нет, осознанно или неосознанно определяет в обстановках нахождения месторождений «второстепенное», «главное», «существенное» и т. д. Ни один из геологов не свободен в действительности от необходимых для этого генетических представлений. Определение указанных категорий целиком зависит от того, какие именно представления (нередко безотчетные и устаревшие) заложены в его сознании. Геологическая присказка о том, что «относительно одной и той же точки два геолога обязательно выскажут два мнения»: является, в частности, следствием этого закона. В современной геологии, например, существует более 500 определений понятия «формация», более 600 определений понятия «фация», более 100 определений понятия «порода» и т. д.

Как видно из изложенного, при традиционном подходе к выявлению прогнозно-поисковых критериев на основе предельной эмпиричности как гарантии объективности не учитывается тот факт, что фиксация реальности представляет собой единство субъективного и объективного. Отсюда возникает широко известный субъективизм первичной документации и картирования — первая серьезная предпосылка появления ошибочных критериев.

Вторая важная предпосылка заложена в том, что строго регистрируемый факт является эталоном научности только тогда, когда он по содержанию основных понятий и по форме соответствует сбалансированной системе более общих, более инвариантных и, тем самым, более надежных знаний [1, 13]. Классическим примером зарегистрированного факта, не являющегося тем не менее научным, служит «факт» вращения Солнца вокруг неподвижной Земли. Подавляющее большинство геологических «фактов» в этом смысле не проверено. Найти пути, позволяющие проверить их, означает найти принципиальную возможность контролировать надежность выделяемых критериев.

Таким образом, требование фактографической строгости исходных данных недостаточно, чтобы обеспечить действительную научность получаемых результатов. Для анализа и обобщения с целью выделения прогнозно-поисковых критериев поступает информация, часть которой заведомо не имеет отношения к закономерностям локализации рудного объекта и в этом смысле является ошибочной.

В традиционных принципах дальнейшего анализа и обобщения полученного материала заложена следующая серьезная предпосылка появления ошибочных результатов. Как говорилось выше, в основе создания типовой модели лежит индуктивный принцип как анализа («разделяй на части и изучай их в отдельности»), так и обобщений («зачем нам знать, почему»). Между тем, посредством индукции мысль лишь наводится на какое-либо общее правило, присущее всем единичным предметам класса. Вскрыть закономерности, вытекающие из их взаимоотношения, она не позволяет. Выводы же обо всем классе на основе случайно проявляющихся примеров, как это характерно для рудной геологии, неизбежно

оказываются недостаточно корректными, приводят к появлению ошибок.

Ошибочность традиционного для геологии представления, что чем детальнее проводится локальное исследование («разделяй на части...»), тем достоверней изучен геологический объект, убедительно показана в ряде работ [14 и др.]. Количество собранного материала не во всех случаях может быть показателем достоверности изучения. Например, тысяча химических анализов, отобранных из рудной зоны, дадут о ней более полное представление, чем десять анализов, лишь в том случае, когда они отобраны в соответствии с действительными особенностями зоны. Иначе информативность десяти анализов может оказаться намного выше, чем информативность тысячи.

Одним из серьезных следствий для практики, которое вытекает из требования предельной эмпиричности исходных данных, является неизбежная оценка работы геолога в зависимости от количества полученных им эмпирических данных, выраженных в километрах маршрутов, в кубических метрах горных работ, метрах проходки буровых скважин и т. д., и соответствующее планирование.

Геология изучает обстановки нахождения месторождений очень многоаспектно, поэтому газ и т. д.). При этом признаки реальности находятся в познаваемой закономерности связи только тогда, когда они взяты из поля зрения его химические, геологические и другие свойства, которые тем не менее теснейшим образом взаимосвязаны и образуют бесконечное множество систем. Вычленив нужного срез реальности приходится делать всегда, на любом уровне изучения объекта (так, в физике, при изучении механических свойств отрешаются от массы, при изучении термодинамических свойств — от реальности температуры и т. д.). Если использовать случайные признаки из разных срезов, получится хаос типа «однобокой эмпирии». И как нельзя противопоставлять физику, которая сама, насколько возможные закономерности химическим, так запрещает себе мышление, которая имела бы противопоставлять или соединять данные, полученные в разных срезах реальности, оказывающиеся не в состоянии верно следовать за фактами или хотя бы только верно их фиксировать. Для выяснения, каким образом при проведении исследования выделяется необходимый срез реальности и чем он определяется, расной эмпирии» (К. Маркс и Ф. Энгельс, *Смотрим такой пример. Один и тот же регион т. 20, с. 434). Даже так называемые «примечания геологом — тектоником и геологом — признаками (оруденение) не могут считаться признаками по рудным месторождениям. стовыми признаками наличия месторождения, имеющий целью получить логичный. На одно месторождение в районе строиную, внутренне непротиворечивую но приходится десятки — сотни непромышленных элементов региона, выных проявлений, которые сопровождаются и учитывает все признаки, связанные теми же признаками. Их «открытие» достигается амплитудами прогибания, складчатостью, нарушениями и т. д. Одновременно он отсекает из наблюдаемой реальности как несуществующие ошибки при выделении прогноза для него признаки, связанные с гидрорудных критериев является индуктивным, метаморфизмом органического принципа анализа и обобщений, предопределяющего (ОВ), рудной минерализацией и иных требований предельной эмпиричности, тем самым, более надежные исходных данных.*

Итак, в качестве основных недостатков традиционного подхода к изучению обстановки нахождения месторождений, приводящих к появлению ошибочных критериев, следует отметить:

игнорирование субъективного фактора при эмпирическом изучении природных геологических объектов;

отсутствие проверки на соответствие эмпирических наблюдений системе более надежных знаний;

абсолютизация ограниченного по своим познавательным возможностям индуктивного

принципа интерпретации эмпирического материала.

Теоретико-познавательные трудности при выделении критериев межстадийного прогноза. В современной геологии все более серьезным препятствием на пути любых исследований становится лавинообразный рост новых терминов и различий во взглядах на один и тот же предмет. Использование данных, полученных разными геологами, — вопрос первоочередной важности для исследований, связанных с поисками новых месторождений. Этот процесс также необходимо проанализировать с позиций теории познания.

Как уже говорилось, при изучении реальности исследователь вынужден брать лишь одну ее сторону, как бы один ее «срез», а остальное игнорировать. Например, при исследовании физических свойств объекта отсекается из поля зрения его химические, геологические и другие свойства, которые тем не менее теснейшим образом взаимосвязаны и образуют бесконечное множество систем. Вычленив нужного срез реальности приходится делать всегда, на любом уровне изучения объекта (так, в физике, при изучении механических свойств отрешаются от массы, при изучении термодинамических свойств — от реальности температуры и т. д.). Если использовать случайные признаки из разных срезов, получится хаос типа «однобокой эмпирии». И как нельзя противопоставлять физику, которая сама, насколько возможные закономерности химическим, так запрещает себе мышление, которая имела бы противопоставлять или соединять данные, полученные в разных срезах реальности, оказывающиеся не в состоянии верно следовать за фактами или хотя бы только верно их фиксировать. Для выяснения, каким образом при проведении исследования выделяется необходимый срез реальности и чем он определяется, расной эмпирии» (К. Маркс и Ф. Энгельс, *Смотрим такой пример. Один и тот же регион т. 20, с. 434). Даже так называемые «примечания геологом — тектоником и геологом — признаками (оруденение) не могут считаться признаками по рудным месторождениям. стовыми признаками наличия месторождения, имеющий целью получить логичный. На одно месторождение в районе строиную, внутренне непротиворечивую но приходится десятки — сотни непромышленных элементов региона, выных проявлений, которые сопровождаются и учитывает все признаки, связанные теми же признаками. Их «открытие» достигается амплитудами прогибания, складчатостью, нарушениями и т. д. Одновременно он отсекает из наблюдаемой реальности как несуществующие ошибки при выделении прогноза для него признаки, связанные с гидрорудных критериев является индуктивным, метаморфизмом органического принципа анализа и обобщений, предопределяющего (ОВ), рудной минерализацией и иных требований предельной эмпиричности, тем самым, более надежные исходных данных.*

Итак, в качестве основных недостатков традиционного подхода к изучению обстановки нахождения месторождений, приводящих к появлению ошибочных критериев, следует отметить:

игнорирование субъективного фактора при эмпирическом изучении природных геологических объектов;

отсутствие проверки на соответствие эмпирических наблюдений системе более надежных знаний;

абсолютизация ограниченного по своим познавательным возможностям индуктивного

принципа интерпретации эмпирического материала.

тектониста, воспитанники разных научных школ) срез реальности все равно определяется целевой установкой, связанной с неосознанными теоретическими предпосылками. Они предопределяют результаты геологического исследования, которые всегда зависят от того, что принимается за факт в изучаемом объекте реальности.

В рассматриваемом примере у исследователей разные срезы реальности, разные системы координат. По этой причине их данные нельзя ни сопоставлять, ни противопоставлять напрямую. Среди поисковых признаков, которые выявляются при изучении обстановки нахождения месторождений по принципу предельной эмпиричности, многие заведомо связаны с разными срезами реальности и несопоставимы, что и приводит к многочисленным ошибкам.

Все сказанное имеет прямое отношение к теоретико-познавательным сложностям в современной геологии. Термин является символом понятия, а понятие (формация, фация и т. д.) — это не реальность, а срез реальности, инструмент познания, обусловленный целью исследования. Поэтому сколько целевых установок — столько понятий и, следовательно, терминов.

Таким образом, для преодоления трудности с терминологией нужен принципиально новый подход, учитывающий связь понятия с целью. По этой же причине крайне важно *перепроверять все понятия, на которых базируется любое исследование, на непротиворечивость их целевых установок основной задаче исследования*, что будет гарантировать единый срез реальности, в котором признаки находятся в познаваемой закономерной связи, и позволит сопоставлять результаты.

Взаимосвязь между закономерностями, полученными в разных срезах реальности (между физической и химией, между геологией и химией, между металлогенией и тектоникой и т. д.), может быть также выявлена. В геологии методологическую сторону этого процесса осмыслил и изложил В. И. Вернадский [3]. Однако для выявления таких связей обязательно привлечение интерпретационных теоретических построений. Принципы подхода В. И. Вернадского наиболее близки к одной из ведущих современных системных концепций школы А. И. Уёмова [12, 13]. Они могут быть выражены формулой [12]

$$S = \text{def } [R(m)] \cdot P,$$

где S — символ системы, m — системообразующие единицы, R — отношения между ними, удовлетворяющие некоторому заранее зафиксированному свойству P .

При построении системы вначале задается, исходя из геологических смысловых соображений, теоретическое свойство P , определяющее геологическую специфику системы. Затем находится класс отношений R , удовлетворяющий этому свойству, и, наконец, перечисляется множество элементов m , на которых выполняется отношение R . Процедура выделения системы можно представить в виде последовательности: $P \rightarrow R \rightarrow S$ (см. далее).

Из изложенного можно видеть, что главной причиной теоретико-познавательных трудностей, которые испытывает современная геоло-

гия, является то, что она вплотную подошла к необходимости перехода с эмпирического уровня на теоретический. Научное изучение обстановки нахождения месторождения отличается от производственного критерием достоверности получаемого результата. Единственным критерием научного результата является его соответствие целевой установке, в то время как для производства таким критерием должен всегда служить наблюдаемый факт.

Эмпирико-теоретический системный подход к выделению межстадийных прогнозных критериев. Основные надежды в связи с трудностями осуществления прогнозных построений традиционными методами в настоящее время возлагаются на математические методы. В данной статье предлагается исходить из того, что достоверность геологического изучения — сложная и многогранная методологическая проблема. Ее нельзя свести к формальному математическому решению, как нельзя осуществить достоверную интерпретацию недостоверной информации только благодаря «правилам», применяемым в математике. Поскольку математически моделируется не сам объект, а его геологическая модель, постольку математизация геологии и использование ЭВМ не освобождают геологов от обязательного предварительного разрешения геологической проблемы.

Не останавливаясь на всех сложных вариантах представлений, теорий и принципов предлагаемых системных исследований, отметим лишь, что эмпирико-теоретический системный подход необходимо отличать от системного анализа и теории систем. Если первый является принципом научного мышления, то второй и третий — разделами наук. В частности, модельность — необходимый, но недостаточный признак системного подхода [1, 13]. Модель (система) при системном подходе должна характеризоваться вполне определенными свойствами. Только в этом случае ее применение может дать ожидаемые результаты.

При системном подходе система («срез реальности») определяется как «совокупность элементов любой природы и их связей, выступающих в заданном отношении как целое» [1, с. 29]. Осознание первостепенной важности взаимодействия частей в создании целого является главной чертой эмпирико-теоретического подхода, отличающей его от эмпирико-индуктивного. Только постоянный учет этого взаимодействия открывает возможности для преодоления тех недостатков традиционной методики, о которых говорилось выше.

Целостность системы в заданном отношении обуславливает проверяемость ее элементов и ее «эмерджентность», т. е. познавательные свойства, которые не могут быть получены из свойств частей и способа их соединения. В этом смысле система больше суммы своих элементов. Именно благодаря этому свойству системный подход так необходим при выделении прогнозно-поисковых критериев, которые требуют исследования обстановки нахождения месторождений многоаспектно и целостно. Таким образом, можно сказать, что «система — это предмет с эмерджентными свойствами» [12, с. 139].

Говоря о системном подходе при изучении месторождений, необходимо особо подчеркнуть, что поскольку главной его целью является познание свойств геологической системы, целостность ее должна быть обусловлена логическими, а не математическими или какими-нибудь другими структурными связями, как это нередко отмечается в опубликованных работах.

Главной проблемой при изучении обстановки нахождения месторождения является определение предмета исследования, имеющего отношение к руде и рудообразованию. Системная схема решения этой проблемы, учитывающая положение о бесконечности дискретных свойств реальности и их объективной разнзначности, заключается в сознательном изъятии сложного бесконечномерного объекта реальности системой, которая соответствует ему в заданном отношении и контролируется исследователем. Она выделяется на основе целевой установки. Термин «целевая установка» означает в данном случае некое объективно возможное состояние системы (цель или результат) и проект познавательной конструкции (гипотезу), от которой зависит список ограничений, налагаемых реальностью при выделении прогнозно-поисковых критериев.

В качестве примера можно взять актуальнейшую проблему изучения геологической формации с целью выделения критериев прогнозной оценки территорий на поле ископаемых. За гипотезу берется предположение о достоверности. Например, в данном случае можно принять следующее: рудообразование — это процесс, закономерный с точки зрения истории геологического развития рудной (пусть пока и неизвестно, с какими особенностями), формация как ассоциация пород — также закономерное следствие геологического развития; другими словами, формация закодирована определенной геологической историей развития, чем и обусловлена эмпирически наметившаяся связь с определенными типами оруденения (рудными формациями). Но такая связь предъявляет определенные требования к пониманию формации, принципам ее изучения с данной целью. Выявление всех необходимых характеристик формаций, контролирующих тот или иной тип оруденения, изучение ассоциаций пород (судорообразования и источники рудного вещества), явилось следующим положением: источник рудного вещества заведомо оторван в пространстве от места формирования руды, и расстояние между ними рудообразующий раствор проходит согласно известным гидрогеологическим законам. Отсюда следует, что в палеогеогеологической обстановке нахождения месторождений будут присутствовать признаки, заведомо связанные с локализацией рудных тел.

За смысловую концепцию («Р») была взята концепция, которая позволяла учесть последние достижения как в области геологии месторождений рассматриваемого типа, так и в области гидрогеологии. Такой концепцией явилась экзогенно-гидротермальная гипотеза образования этих месторождений. Системообразующие геологические отношения «R», вытекающие из этой гипотезы, определяются тем, что формирование месторождений связано не

только с магматизмом, а с металлоносными водами типа нефтяных рассолов. Последние, перемещаясь по рудовмещающей пачке, отлагали металлы на окислительно-восстановительных барьерах в области очагов разгрузки, где и образовывались рудные залежи.

Таким образом, выделение палеогеогеологических признаков проводилось в указанных рамках целевых ограничений, не противоречащих основной целевой установке исследования. Согласно требованиям полноты группы в качестве наиболее общих элементов «т» системы «S», на которых выполняется отношение «R», были: 1) области древних очагов разгрузки, 2) окислительно-восстановительные барьеры.

Изучение областей очагов разгрузки подразумевает совершенно конкретные исследования подклассов следующего уровня: 1) экранирующие и водоносные горизонты в соответствующих регионах юго-восточной Якутии, Каратау и Среднего Тянь-Шаня, 2) направленные движения палеовод в их пределах, 3) положение площадей, благоприятных для разгрузки. Экранирующие и водоносные (в том числе и рудовмещающие) горизонты в свою очередь могут быть выделены лишь на основе изучения относительных коллекторских свойств породы, а направление движения палеовод — на основе распределения мощностей перекрывающих пород и примерного распределения глинистой составляющей в породах горизонта и т. д. Соответствующим образом формируются и подклассы для изучения окислительно-восстановительных барьеров.

Таким образом, эмпирико-теоретический подход позволил организовать планомерное исследование в соответствии с последними достижениями геологической науки и четко наметить объекты изучения на каждом из этапов.

Поскольку эмпирико-индуктивный подход полностью сохранял свое значение, входя как часть, выделение прогнозно-поисковых критериев в конечном итоге, как и при традиционном подходе, основывалось на эмпирически полученных результатах. Однако их получение было планомерно-целенаправленным и сопровождалось оценкой признаков на степень достоверности связи с рудообразованием и на полноту изучения.

Важнейшим достоинством эмпирико-теоретического подхода для практики является возможность применения «мысленного эксперимента» до получения результата. В диалектической теории познания этому методу уделяется большое внимание. В геологии до сих пор он почти не находил себе места. Мысленный эксперимент позволяет использовать собранные различными исследователями с различными целями эмпирические данные, проверить их в рамках используемой системы и значительно сократить предстоящие расходы.

«Прогрессивное» известных эмпирических наблюдений в рамках целевых ограничений принятой системы позволяет либо отвергнуть их как случайные (недостоверные в смысле связи с рудообразованием), либо, ввиду их соответствия более инвариантным и надежным знаниям, принять их как факт, подлежащий дальнейшему исследованию. Следующие примеры позволяют это продемонстрировать.

Изучение областей очагов разгрузки подразумевает совершенно конкретные исследования подклассов следующего уровня: 1) экранирующие и водоносные горизонты в соответствующих регионах юго-восточной Якутии, Каратау и Среднего Тянь-Шаня, 2) направленные движения палеовод в их пределах, 3) положение площадей, благоприятных для разгрузки. Экранирующие и водоносные (в том числе и рудовмещающие) горизонты в свою очередь могут быть выделены лишь на основе изучения относительных коллекторских свойств породы, а направление движения палеовод — на основе распределения мощностей перекрывающих пород и примерного распределения глинистой составляющей в породах горизонта и т. д. Соответствующим образом формируются и подклассы для изучения окислительно-восстановительных барьеров.

Таким образом, эмпирико-теоретический подход позволил организовать планомерное исследование в соответствии с последними достижениями геологической науки и четко наметить объекты изучения на каждом из этапов.

Поскольку эмпирико-индуктивный подход полностью сохранял свое значение, входя как часть, выделение прогнозно-поисковых критериев в конечном итоге, как и при традиционном подходе, основывалось на эмпирически полученных результатах. Однако их получение было планомерно-целенаправленным и сопровождалось оценкой признаков на степень достоверности связи с рудообразованием и на полноту изучения.

Важнейшим достоинством эмпирико-теоретического подхода для практики является возможность применения «мысленного эксперимента» до получения результата. В диалектической теории познания этому методу уделяется большое внимание. В геологии до сих пор он почти не находил себе места. Мысленный эксперимент позволяет использовать собранные различными исследователями с различными целями эмпирические данные, проверить их в рамках используемой системы и значительно сократить предстоящие расходы.

«Прогрессивное» известных эмпирических наблюдений в рамках целевых ограничений принятой системы позволяет либо отвергнуть их как случайные (недостоверные в смысле связи с рудообразованием), либо, ввиду их соответствия более инвариантным и надежным знаниям, принять их как факт, подлежащий дальнейшему исследованию. Следующие примеры позволяют это продемонстрировать.

На полиметаллических месторождениях Сарданской группы в юго-восточной Якутии предыдущие исследователи по чисто эмпирическому принципу выделяли в качестве рудоуправляющего фактора краевые части биогермных построек. На одном из месторождений Среднего Тян-Шаня среди прочих благоприятных для локализации руд признаков отмечались участки с резкой фацальной неоднородностью. При построении системы были выделены подклассы локальных очагов разгрузки. Согласно данным современной гидрогеологии, к ним относятся: 1) места выклинивания глинистых фаций пород, 2) границы пород одной фацис с различными фильтрационными свойствами, а также других аналогичных границ с резкими изменениями физико-химических характеристик среды. Их сопоставление с упомянутыми благоприятными факторами показало, что на месторождениях Сарданской группы (краевые части биогермных построек) — это границы пород одной карбонатной фацис с различными фильтрационными свойствами, а на месторождении Учкулач (краевые участки с резкой литологической неоднородностью) — участки с многочисленными выклиниваниями пород, содержащими глинистую составляющую.

Таким образом, в рамках целевых ограничений экзогенно-гидротермальной гипотезы оба выделенных фактора относятся к одному и тому же подклассу локальных очагов разгрузки. Степень достоверности связи с рудообразованием явлений этого подкласса повысилась, что дало основания при полевых работах в этих и других районах обратить внимание не только на указанные, но и на другие явления этого подкласса. В результате на месторождении Миргалымсай были выявлены рудоуправляющие факторы, проявляющиеся в первичной проницаемости вмещающих карбонатов.

С другой стороны для рудного района Майско-Кылахской зоны было подвергнуто сомнению наблюдение прежних исследователей, согласно которому оруденение контролируется Бас-Дьюкатским палеоподнятием. В рамках рассматриваемой системы такого положения древних очагов разгрузки в период рудообразования быть не могло. Оно противоречит комплексу наблюдений многих геологов (минералогов, тектонистов и др.). Согласно их данным, рудообразование происходило в период, близкий к периоду диагенеза вмещающих пород. Иными словами, водоносный горизонт рудовмещающей пачки в это время еще не существовал. Изначально предполагаемое перемещение металлоносных вод по этой пачке и отложение металлов были невозможны. Это заставило проанализировать положение очагов разгрузки для других горизонтов разреза. Оказалось, что с учетом системы утверждений о возможностях рудообразования за счет рассматриваемого типа вод, формирование оруденения Майско-Кылахской зоны вероятнее всего было связано с окислительными водами горизонта, расположенного непосредственно под рудовмещающим. Изучение положения очагов разгрузки для палеовод этого горизонта показало, что оно хорошо согласуется с положением оруденения [2]. Это дало основание проверить с этих позиций по-

ложение очагов разгрузки в других регионах. Полученные результаты для Каратау и Среднего Тян-Шаня подтвердили, что в этих районах оруденение также находится в области выделенных площадей очагов разгрузки, т. е. надежность выделенного критерия оказалась высокой.

Из приведенного примера видно, как путем уточнения класса отношений «*R*», удовлетворяющих свойству «*P*», совершенствуется система, совершенствуется генетическая модель и ее соответствие эмпирическим данным. При этом дополнительное сбор эмпирического материала не проводилось.

«Мысленный эксперимент» по изучению оруденения в эпигенетической минералогической геохимической зональности месторождения Миргалымсай и других показал, что несмотря на наличие очень большого аналитического материала по распределению окисно-железистых (достоверной изученности с точки зрения традиционного подхода), пробы данной цели в рамках рассматриваемой системы были отобраны некорректно, т. е. в результате исследования результаты были недостаточны для принятия. Должным образом были целенаправленно проведены полевые исследования и запланированы дополнительные исследования (и тем не менее достаточного количества проб на продолжении разрезных тел по простиранию).

Можно привести еще много примеров, позволяющих, как на основе эмпирико-теоретического системного подхода обеспечивается повышение достоверности элементов типовой модели.

Программа исследования по прогнозной оценке новых площадей на основе эмпирико-теоретического подхода. Для получения надежного прогноза необходимо при составлении программы по прогнозной оценке не площади с самого начала предусмотреть предварительную глубокую теоретическую проработку будущего эмпирического исследования. Устранение предпосылок для появления ошибок, их своевременное выявление и исправление возможны лишь при условии, что исследование будет проходить в контролируемых условиях мысленного геологического эксперимента.

Исследование по прогнозной оценке новых площадей на основе эмпирико-теоретического системного подхода делится на три этапа (рис. 1).

Первый этап (этап I) состоит из двух подэтапов: системно-теоретического и эмпирико-индуктивного. Задачей этого этапа является отработка понятийного базиса, который лежит в основу проводимого исследования. Целью системно-теоретического подэтапа — наметить пути, позволяющие получить информацию, связанную с размещением скоплений, и уточнить предметы будущего исследования в объектах реальности. Это достигается путем формализации понятий в рамках целевых ограничений, вытекающих из целей прогноза и поисков. На втором подэтапе, эмпирико-индуктивном, результаты формализации понятий проверяются на соответствие имеющемуся эмпирическому материалу по известным обстановкам нахождения изучаемого типа месторождений. Если устойчивых

выявляется, необходимо вернуться к первому подэтапу и искать ошибку.

На основе работ первого подэтапа составляется пробная типовая модель.

Второй этап (этап II) также состоит из двух подэтапов: модельно-теоретического и эмпирико-индуктивного. На первом подэтапе элементы пробной типовой модели оцениваются на достоверность связи с рудообразованием на основе генетических моделей. При этом выявляются новые прогнозные признаки. На эмпирико-индуктивном подэтапе результат проверяется на сходимость с данными по контрольному району. Если сходимость плохая, необходимо выявить ошибку либо на модельно-теоретическом подэтапе, либо при выборе контрольного района, либо при формализации понятий.

В результате работ указанных этапов составляется типовая модель, на основе которой определяется ограниченный список наиболее надежных критериев.

В научно-исследовательской теме по промышленной оценке конкретной территории, рассчитанной на три года, на первые два этапа принимаются. Должным образом были целенаправленно проведены полевые исследования и запланированы дополнительные исследования (и тем не менее достаточного количества проб на продолжении разрезных тел по простиранию).

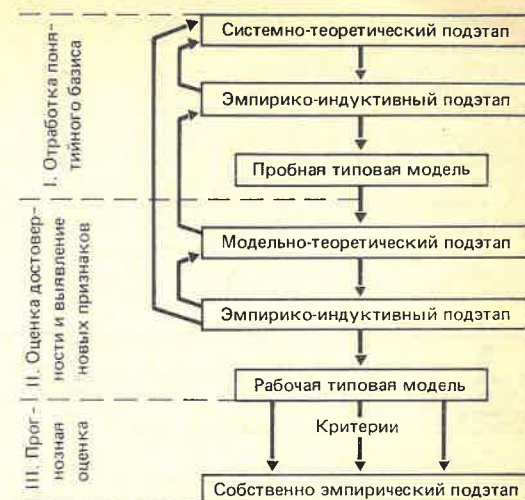
На третьем, собственно эмпирическом подэтапе, проводятся традиционные работы по прогнозной оценке территории на основе выделенных критериев. При этом каждый ученый несет ответственность за степень соответствия полученных на практике результатов его теоретическим разработкам первых двух этапов. Подводя итог, в качестве основных выводов отметим следующие:

— для надежности выделяемых межстадийных критериев решающее значение имеет достоверность связи с рудообразованием наблюдений, выступающих как элементы типовой модели;

— традиционный эмпирико-индуктивный подход при изучении обстановок нахождения месторождений, несмотря на свое значение как успешной познания, не позволяет проинтерпретировать с этой целью разноаспектную и недостаточно достоверную информацию, которая накапливается в результате изучения закономерностей размещения месторождений;

— для предупреждения возникающих ошибок необходим эмпирико-теоретический подэтап, когда глубокое теоретическое исследование, за которое ответственна наука, предшествует эмпирическому этапу и направляет его; — эмпирико-теоретический подход дает возможность разрабатывать информацию в контролируемых условиях геологического эксперимента, обеспечивает проверяемость и доказуемость получаемого результата, иными словами, позволяет дать научную оценку достоверности каждого из критериев, на которых базируется прогноз.

Предлагаемый методологический подход обобщает опыт нахождения месторождений значительно повышает роль науки и ее конкретную ответственность за конечный практический результат. При этом он позволяет повысить результативность геологоразведочных работ, не



Эмпирико-теоретическая схема выделения критериев прогноза, поисков и оценки месторождений полезных ископаемых

отвергая и не нарушая выработанной производственным опытом стадийной схемы геологоразведочного процесса. Выявление все более надежных критериев постепенно позволит разрабатывать схемы со все более сокращенными вариантами без риска появления псевдоперспективных площадей, т. е. позволит повысить результативность с одновременным закономерным уменьшением объемов работ. Близость рассмотренного подхода к современному системному подходу школы А. И. Уёмова предопределяет возможность его компьютеризации и использования математических методов для количественной оценки получаемых результатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балашова С. П. Модель рудообразования, связанного с водами немагматического происхождения. — Геология рудных месторождений, 1983, № 2, с. 44—56.
2. Балашова С. П., Донец А. И. Опыт палео-гидрогеологического анализа при изучении условий формирования свинцово-цинкового оруденения Майско-Кылахской зоны (юго-восточная Якутия). — В кн.: Тезисы докладов семинара: «Стратиформные месторождения цветных, редких, благородных и других полезных ископаемых». Фрунзе, 1981, с. 109—112.
3. Вернадский В. И. Размышления натуралиста. М.: Наука, 1977.
4. Кривцов А. И., Нарсеев В. А. Геологоразведочный процесс и прогнозно-поисковые комплексы. — Сов. геология, 1983, № 1, с. 17—26.
5. Кривцов А. И. Оптимизация поисков медноколчеданных месторождений (на примере Урала). — Сов. геология, 1982, № 9, с. 12—23.
6. Критерии прогнозной оценки территории на полезные ископаемые. Л.: Недра, 1978.
7. Лебедев С. А. Индукция как метод научного познания. М.: Изд-во МГУ, 1980.

8. Лисицын А. К. Гидрогеохимия рудообразования. М.: Недра, 1975.
9. Методы теоретической геологии. Л.: Недра, 1978.
10. Принципы формационной классификации месторождений цветных и благородных металлов/М. Б. Бородаевская, Д. И. Горжевский, М. М. Константинов и др.— Сов. геология, 1984, № 6, с. 3—12.
11. Системный подход в геологии. Всесоюз. конф. 17—19 мая 1983 г. Тезисы докл. М., 1983.

12. Смирнов В. И. О системном подходе к геологическим явлениям в трудах В. И. Вернадского.— Изв. АН СССР, сер. геол., 1983, № 5, с. 124—130.
13. Уёмов А. И. Логика и методология системных исследований, Киев, 1977.
14. Четвериков Л. И. Проблема достоверности изучения геологических объектов.— В Методологические и философские проблемы геологии. Новосибирск, 1979, с. 151—



ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ СЫРЬЕ

УДК 553.981/982.2.061.15/.078(470.13+470.11)

М. М. БОГДАНОВ (ВНИГНИ)

Закономерности размещения и условия формирования залежей нефти и газа в Тимано-Печорской провинции

Для выполнения Энергетической программы СССР необходимы усиление темпов роста и повышение эффективности геологоразведочных работ на нефть и газ, обеспечение на этой основе опережающего развития сырьевой базы нефтяной и газовой промышленности в мало исследованных перспективных регионах страны.

Одним из таких регионов является Тимано-Печорская нефтегазоносная провинция, где в связи с высокой освоенностью ресурсов УВ в промышленных центрах поиска месторождений, способных обеспечить запланированные объемы добычи нефти и газа и прирост их запасов, а также повысить эффективность геологоразведочных работ, перемещаются в мало исследованные восточные и северные районы. Эти районы характеризуются усложнением тектонического строения, значительными глубинами залегания залежей, неопределенностью регионального и локального прогноза фазового состояния УВ в недрах.

По данным геохимических исследований [2, 6, 13 и др.], ОВ нефтегазоматеринских толщ (НГМТ) Тимано-Печорской провинции относится к сапропелловому, сапропелло-гумусовому фациально-генетическим типам. Катагенетическая превращенность ОВ [13] соответствует грациям ПК₃—АК. По классификации К. Ф. Родионовой,

С. П. Максимова (1981 г.), породы всех НГМТ могут классифицироваться как благоприятные, хорошие и очень хорошие нефте- и газоматеринские. Приведенные данные свидетельствуют о том, что на изучаемой территории генетические факторы способствовали образованию скоплений жидких и газообразных флюидов. Благоприятные условия для нефтегазообразования создались в позднем палеозое и в начале мезозоя при нисходящем режиме тектонических движений в нефтегазоносных формациях*, содержащих окисленное сапропелловое и сапропелло-гумусовое ОВ. Наиболее интенсивные процессы нефтеобразования произошли при достижении НГМТ главной зоны (ГЗН) нефтеобразования (катагенез ОВ—МК₁—МК₃).

Об этом свидетельствуют малое количество сингенетического битума (И. С. Гольдберг и др., 1976 г.), приуроченного к отложениям, где ОВ преобразовано до стадий МК₁—МК₃, и значительные начальные геологические запасы жидких углеводородов. Уровень ГЗН, определенный по апробированной методике (М. М.

* Под нефтегазоносной формацией понимается толща пород, которая обеспечивает аккумуляцию в ловушках и сохранность в них УВ специфического состава, образующихся за счет ОВ одного или нескольких фациально-генетических типов.

Богданов, 1984 г.), находился в интервале палеоглубин 600 м на востоке и 1300 м на западе территории (рис. 1). Отметки палеоглубинного уровня нижней зоны газообразования (НЗГ) от —2000 до —5500 м (рис. 2).

Небольшие глубины погружения НГМТ, благоприятные для эмиграции жидких УВ, не являются исключением для Тимано-Печорской провинции. М. И. Нестеров с соавторами [4] для пород баженовской свиты Западной Сибири установили благоприятную для начала интенсивной генерации и эмиграции жидких УВ глубину, равную 700 м. Другим примером может быть Западно-Кубанский прогиб, где при погружении пород эоцена и палеоцена на глубины 600—1100 м происходила интенсивная генерация и эмиграция жидких УВ (П. К. Ляхович, 1983 г.). Условия для преимущественной газогенерации в этом регионе создались на глубинах около 500 м. В Волго-Уральской провинции палеоуровни ГЗН и НЗГ (нижней зоны газообразования) находились на тех же глубинах, что и в Тимано-Печорской (М. М. Богданов, 1984 г.). Изменчивость по площади палеоглубинных уровней ГЗН и НЗГ связана с различиями в значении теплового потока [5], унаследованными от прошлых геологических эпох.

Нефть мигрировала в очагах ее генерации и за их пределами на расстояние до 100 км. Аккумуляция нефти в ловушках происходила по принципу дифференциального улавливания. С севера на юг в пределах мегаблоков Сорокина и Колвинского в нефтегазоносной формации карбонатных отложений нижнего карбона — нижней перми фиксируется увеличение плотности нефти. В этом же направлении возрастает отношение C_2H_6 к C_1H_4 в попутных газах и уменьшается газонасыщенность нефти. На Печоро-Колвинском мегаблоке в нефтегазоносной терригенной формации среднего — верхнего девона указанная тенденция к изменению параметров нефти и попутных газов наблюдается с юга на север. Приведенные данные свидетельствуют о существовании нескольких источников генерации УВ и различных направлениях латеральной миграции нефти.

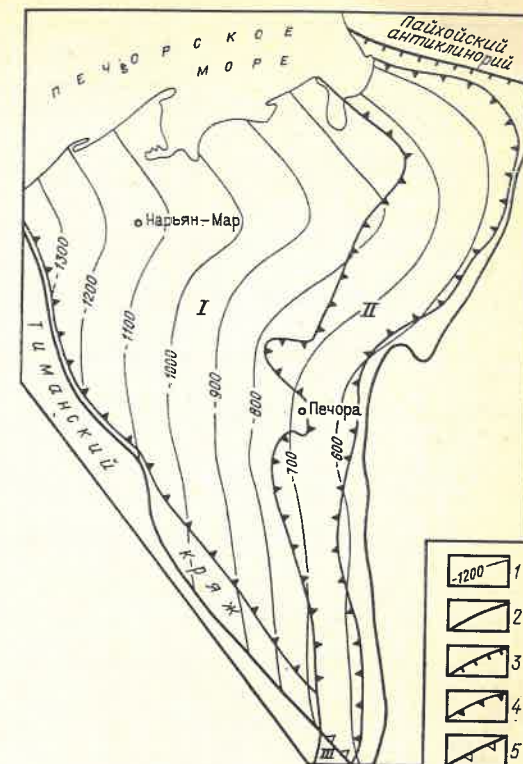


Рис. 1. Схема палеоглубинного уровня главной зоны нефтеобразования Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции

1 — изолинии палеоглубинного уровня зоны, м; 2 — границы Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции; 3 — разломы; 4 — границы надпорядковых структур; 5 — границы структур первого порядка; I — Печорская синеклиза; II — Предуральский край; III — Колвинская седловина

По времени образования ловушки подразделены на три типа: догенерационные, сингенерационные и постгенерационные. Установлено, что продуктивность и фазовое состояние УВ в ловушках контролируется их типом (табл. 1). До 85 % начальных геологических запасов нефти в нефтегазоносной формации терригенных отложений девона приурочено к ловушкам до- и сингенерационного заложения. О независимости процесса нефтеобразования и нефтенакопления в каждой нефтегазоносной формации от ниже- и вышележащих отложений свидетельствуют генетически различные типы нефтей, выделенные Р. Г. Панкиной (1985 г.) по изотопному составу серы.

При режиме нисходящих тектонических движений образовались зоны отсутствия залежей жидких УВ в толщах с окисленным ОВ, где ловушки были значительно удалены от очагов генерации нефти. Погружение НГМТ

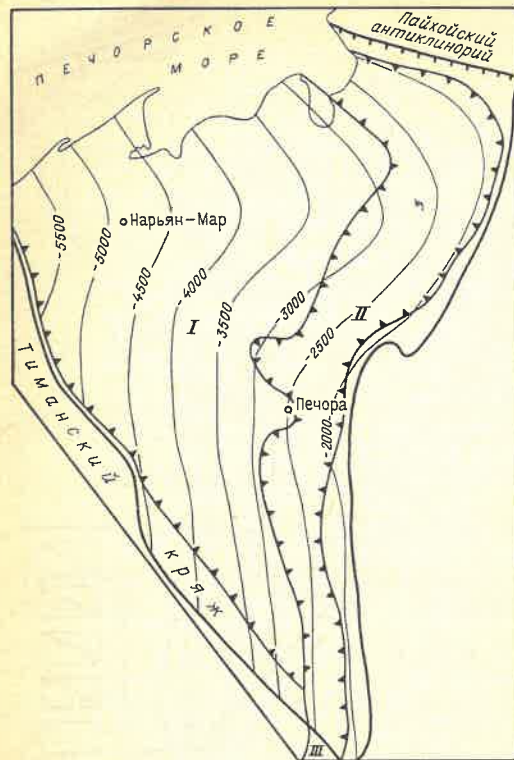


Рис. 2. Схема палеоглубинного уровня нижней зоны газообразования Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции
Усл. обозн. см. рис. 1

в более жесткие термобарические условия привело к затуханию процессов генерации жидких УВ (катагенез МК₄ 150—180 °С) и разрушению ранее образованных залежей нефти (катагенез МК₅—АК > 180 °С). В результате образовались новые зоны отсутствия жидких УВ с распространением битумов термокаталитического генезиса в до- и сингенерационных ловушках (Сопляское, Пашнинское месторождения и др.). О деструкции нефтей свидетельствует облегченный изотопный состав углерода метана ($\delta^{13}\text{C}$ от —40 до —50 ‰) на ряде месторождений.

Этот факт, по мнению Ф. А. Алексеева [1], свидетельствует о присутствии в газовых скоплениях метана, образованного за счет деструкции нефти. В то же время по экспериментальным данным известно, что нефть не подвергалась деструкции и оставалась устойчивой при нагревании до температуры 300 °С (А. А. Петров, 1984 г.). Доказана возможность су-

ществования жидких УВ в еще более жестких термобарических условиях (Э. Б. Чекалюк и др., 1977 г.). Разхождение данных по деструкции нефтей, полученных на природных объектах и установленных в эксперименте объясняется тем, что в опытах не производился отвод газа, образующегося при нагревании жидких УВ. В природе известны подобные случаи. Э. Б. Чекалюк и др. (1977 г.) обнаружили нефтяные залежи на месторождениях Александр (t 182 °С), Мар (t 185 °С), Мейк-Берр (t 210 °С), Северный Марун (t 230 °С) [14], Медведковское (t 224 °С) [15], Чердынское и Сопляское (палеотемпературы 180 и 200 °С соответственно). Существование жидких УВ установлено при температуре 295 °С на глубине 7544 м (Н. Прайс, 1982 г.).

В отложениях миоцена месторождения Лейк-Берр залежь нефти экранруется солью, которая служит идеальной крышкой для жидких УВ, предотвращая их деструкцию. В нефтеносной формации терригенных отложений среднего—верхнего девона Чердынского и Сопляского месторождений ловушки литологического типа, что также могло препятствовать отводу диффундирующего газа в пластовую воду. Сохранению нефтяных скоплений от воздействий высоких температур способствовало также АВЮ [14], зафиксированное (Кочмесское месторождение) под солями нефтеносной формации карбонатных отложений ордовика Косью-Роговской впадины (коэффициент аномальности 1,6). Сохранению залежей нефти в жестком геотермическом режиме может способствовать специфичность состава (Т. А. Ботнева и др., 1978 г.). По мнению Н. А. Еременко, на больших глубинах в жестких термобарических условиях (180—350 °С) находится большой резерв жидких УВ [8].

Высокие градиенты палеотемператур (5—6 °С/100 м), существовавшие к началу мезозойской эры на востоке изучаемой территории, сопоставимы с современными в Западной Сибири (6 °С/100 м). Это объясняется зависимость температурного режима от возраста фундамента [5]. В Тимано-Печорской провинции к началу мезозойской эры он составлял 340 млн. лет. Возраст фундамента временной Западно-Сибирской плиты достигает 235 млн. лет. Следовательно, градиенты палеотемператур в начале мезозойской эры на изучаемой территории могли соответствовать градиентам современных температур на молодой платформе. Не исключено, что высокие градиенты палеотемператур на востоке региона (Предуральский прогиб, передовые складки Урала) были обусловлены процессом обдукции, в результате которого тангенциальные напряжения в этих районах достигли 33,5—49,0 МПа (А. А. Алейников и др., 1974 г.). При нисходящих тектонических движениях газовые залежи возникали при прогреве НГМТ до 90 °С. Темпе-

Таблица 1

продуктивность ловушек, фазовое состояние УВ
время пребывания девонских нефтегазоматеринских пород в ГЗН

Структура	Время заложения структур (по Г. Удугу, 1979 г.)	Время пребывания нефтегазоматеринских толщ в ГЗН	Тип ловушки	Характер УВ	Время образования ловушки
Ирегская	MZ	C _{2m} —P ₁	Антиклинально-стратиграфическая	Нефть	Догенерационное
Сой-Вожская	Q		Антиклинально-литологическая	Газ—нефть	То же
Игильская	D ₃		То же	»	»
Верхнеомринская	Q		»	»	»
Нижнеомринская	P ₂	C ₃ —P	»	Нефть	»
Сажерская	J		»	»	»
Западно-Тэбукская	P		Литологическая	»	»
Юзская	C	C ₃ —P ₁	»	»	»
Северо-Савиноборская	C ₂		»	»	»
Восточно-Савиноборская	P ₁	C ₃ —P ₁	Антиклинально-литологическая	Газ—нефть	»
Пашнинская	C	P ₁ —P ₂	Литологическая	»	»
Ижебольская	MZ—KZ		»	»	»
Пыртаельская	P	C ₁ —C _{2m}	»	»	»
Печорогородская	P ₂		»	»	»
Печорожвинская	MZ	P ₂ —MZ	Антиклинальная	»	Сингенерационное
Игидская	P ₂	P ₁ —P ₂	»	»	То же
Верхнегубешорская	C	C ₁ —C ₂	»	Нефть	Догенерационное
Карьягинская	C ₁		Антиклинально-стратиграфическая	»	То же
Синская	D ₂		То же	»	»
Мозейская	P ₂	C _{2m} —P ₁	Антиклинальная	Минерализованная вода	Постгенерационное
Южно-Шапкинская	J ₁ —J ₂		»	То же	То же
Восточно-Лаявожская	T		»	»	»
Брейуская			»	»	»
Среднемакарихинская			»	»	»

ратура 90 °С, как известно по экспериментальным и расчетным данным [11], является критической точкой растворимости газа в воде. При повышении температуры до этого значения растворимость газов в воде снижается. Дальнейшее повышение температуры приводит к увеличению растворимости газа. Следовательно, образование газовых залежей, приуроченных к палеотемпературной зоне 50—90 °С (первый тип), во времени совпадало с формированием скоплений жидких УВ. Это обусловлено тем, что при режиме нисходящих тектонических движений и при прогреве отложений до 90 °С будет уменьшаться растворимость газа в воде. Газообразные

флюиды, эмигрировавшие из НГМТ в коллекторские породы, не способны в таких условиях растворяться в пластовых водах. Их передвижение к ловушкам в данном случае возможно только за счет струйной миграции. Подобный механизм формирования газовых залежей известен в Волго-Уральской нефтегазоносной провинции [9].

По Л. М. Зорькину и др., состав газовых скоплений такого типа значительно отличается от состава водорастворенных газов (Коробковское, Султангуловское, Журавлевско-Степановское месторождения и др.). Как показал соответствующий палеогеохимический анализ с поправкой на размыв отложений промежутков времени между накоплением НГМТ и их прогревом до 90 °С составил 30—50 млн. лет. В терригенных отложениях среднего—верхнего девона залежи газа сформировались к концу московского века; в карбонатных отложениях нижнего карбона — нижней перми — в средне-триасовую эпоху; в терригенно-карбонатно-галогенных — в ранней перми и в терригенных — в поздней перми — ранней юре.

Установленное время формирования газовых залежей первого типа подтверждается другими геологическими данными. Газовые скопления первого типа контролируются ловушками до- и сингенерационного возраста. По способу экранирования газовых скоплений такие ловушки являются антиклинальными, антиклинально-литологическими, литологическими, антиклинально-стратиграфическими. В газонасыщенных частях пластов этих ловушек остаточная нефтенасыщенность не фиксируется, а наблюдаются небольшие оторочки жидких УВ, что свидетельствует о более ранней аккумуляции газа в ловушках по сравнению с жидкими УВ.

Скопления газа первого типа не могли сформироваться за счет разгазирования жидких УВ при их латеральной миграции [12], так как существовавшие перепады давлений и температур между очагами генерации и зонами нефтегазонакопления за время миграции были компенсированы осадконакоплением, проходившим со скоростью 200 м/10 млн. лет [9]. Миграция газа из Предуральского проги-

ба, где нефтегазоматеринские толды достигли НЗГ, не происходила. В противном случае наблюдался бы процесс вытеснения нефти из ловушек, находящихся на пути движения газообразных УВ.

Дефицит газонасыщенности пластовых вод (15—30 %) нефтегазоносных формаций, включающих залежи первого типа, образовался в результате инверсии тектоно-теплового режима в новейшее время, когда амплитуда подъема западной части территории составила 150—200 м [10]. При этом территории пластовое давление было снижено на 1,5—2,0 МПа, а температура — на 30—60 °С. В результате изменения термобарических условий газовые залежи первого типа оказались в обстановке смещения фазового равновесия ($p_T/p_{пл} < 0,7—0,85$) и незначительно нефтенасыщенностью в газонасыщенных частях пластов Вуктыльской, Джеболинской, Нижнеомринской структур, масштабы смещения были тем больше, чем больше пластовая температура. В структурах с газовыми залежами, расположенными в зоне палеотемператур более 180 °С, фиксируются битумы термokatалитического происхождения. Ловушки, где в газонасыщенных частях пластов наблюдается остаточная нефтенасыщенность и битумы, относятся к Газовые залежи этого типа сформировались в результате дегазации пластовых вод при снижении давления (постгенерационные), не содержат нефти и битумов.

Второй тип газовых залежей, относятся битумы термokatалитического происхождения. Ловушки, где в газонасыщенных частях пластов наблюдается остаточная нефтенасыщенность и битумы, относятся к Газовые залежи этого типа сформировались в результате дегазации пластовых вод при снижении давления (постгенерационные), не содержат нефти и битумов. Залежи газа второго типа находятся в обстановке незначительно смещенного фазового равновесия с пластовыми водами, а в отдельных случаях и в равновесии с ними. Смещение равновесия возникло в результате снижения температуры после дегазации пластовых вод. Кроме пластовых вод источником газа в двухфазных системах были и сами нефти, дегазировавшиеся при снижении давления и температуры. Количество газа, выделившегося из нефтей, составляет не более 20 % объема газовых шапок. К настоящему времени в Косью-Роговской впадине Предуральского краевого прогиба выявлен новый объект поисковых работ — нефтегазоносная формация карбонатных отложений ордовика, в западной части она перекрыта солями. Под солевыми породами открыто лишь одно газовое месторождение (Кочмесское) на глу-

ба, где нефтегазоматеринские толды достигли НЗГ, не происходила. В противном случае наблюдался бы процесс вытеснения нефти из ловушек, находящихся на пути движения газообразных УВ. Дефицит газонасыщенности пластовых вод (15—30 %) нефтегазоносных формаций, включающих залежи первого типа, образовался в результате инверсии тектоно-теплового режима в новейшее время, когда амплитуда подъема западной части территории составила 150—200 м [10]. При этом территории пластовое давление было снижено на 1,5—2,0 МПа, а температура — на 30—60 °С. В результате изменения термобарических условий газовые залежи первого типа оказались в обстановке смещения фазового равновесия ($p_T/p_{пл} < 0,7—0,85$) и незначительно нефтенасыщенностью в газонасыщенных частях пластов Вуктыльской, Джеболинской, Нижнеомринской структур, масштабы смещения были тем больше, чем больше пластовая температура. В структурах с газовыми залежами, расположенными в зоне палеотемператур более 180 °С, фиксируются битумы термokatалитического происхождения. Ловушки, где в газонасыщенных частях пластов наблюдается остаточная нефтенасыщенность и битумы, относятся к Газовые залежи этого типа сформировались в результате дегазации пластовых вод при снижении давления (постгенерационные), не содержат нефти и битумов. Залежи газа второго типа находятся в обстановке незначительно смещенного фазового равновесия с пластовыми водами, а в отдельных случаях и в равновесии с ними. Смещение равновесия возникло в результате снижения температуры после дегазации пластовых вод. Кроме пластовых вод источником газа в двухфазных системах были и сами нефти, дегазировавшиеся при снижении давления и температуры. Количество газа, выделившегося из нефтей, составляет не более 20 % объема газовых шапок. К настоящему времени в Косью-Роговской впадине Предуральского краевого прогиба выявлен новый объект поисковых работ — нефтегазоносная формация карбонатных отложений ордовика, в западной части она перекрыта солями. Под солевыми породами открыто лишь одно газовое месторождение (Кочмесское) на глу-

Таблица 2

Состав газа, растворенного в воде и в залежах, %

Месторождение	Нефтегазоносная формация, возраст	Форма нахождения газа	N ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂ + +высш	H ₂ + +CO ₂
Вуктыльское	Карбонатная, C ₁ —P ₁	Свободная с нефтяной оторочкой	5,0	81,6	7,1	3,0	2,0	1,3	0,0
Ванейвисское	То же	Водорастворенная	3,7	87,7			8,6		0,0
		Свободная с нефтяной подушкой	4,55	91,3	1,51	0,56	0,29	0,16	1,63
Южно-Шаньинское	»	Водорастворенная	2,97	90,29			4,24		2,50
		Свободная с нефтяной подушкой	6,57	90,27	1,66	0,43	0,31	0,66	0,10
Василковское	Терригенная, P ₂	Водорастворенная	5,2	87,5			6,90		0,40
		Свободная	6,65	98,08	1,02	0,16	0,08	0,01	0,0
		Водорастворенная	3,10	94,52			2,15		0,23

бине 5630 м. Фазовое состояние УВ мало исследованной бурением и геофизическими методами нефтегазоносной формации не определено.

Основой раздельного регионального и локального прогноза фазового состояния УВ были установленные ранее критерии (С. П. Максимов, М. М. Богданов, 1985 г.), апробированные в других регионах Восточно-Европейской платформы и подтвердившиеся на изучаемой территории, а также рассмотренная выше возможность существования залежей жидких УВ в жестких термобарических условиях. Под солями в нефтегазоносной формации карбонатных отложений ордовика Косью-Роговской впадины и Воркутского поднятия в до- и сингенерационных ловушках прогнозируются двухфазные системы (газонефтяные и нефтегазовые), в постгенерационных — однофазные (газовые).

Существованию двухфазных систем здесь способствуют АВПД, соляная покрывка и молодость газовых шапок, поддерживающих фазовое равновесие в залежах. В связи с тем что ловушка в нефтегазоносной формации карбонатных отложений ордовика является догенерационной, на Кочмесском месторождении прогнозируется нефтяная оторочка у газовой залежи. При оценке перспективных ресурсов и разбуривании подсолевых пород на подготовленных структурах следует учитывать, что их заполненность должна контролироваться строением

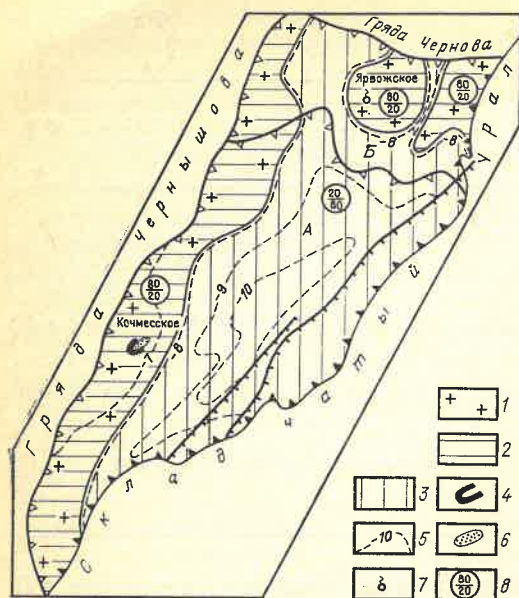


Рис. 3. Схема прогноза фазового состояния УВ в нефтегазоносной формации карбонатных отложений ордовика Косью-Роговской впадины и Воркутского поднятия

1 — предполагаемая зона распространения солей; зоны распространения залежей: 2 — двухфазных (газо-нефтяных и нефтегазовых) в до- и сингенерационных ловушках и однофазных (газовых) в постгенерационных ловушках, 3 — однофазных (газовых) в до-, син- и постгенерационных ловушках и однофазных (нефтяных) в литологических ловушках; 4 — прогнозируемая нефтяная оторочка у газовой залежи; 5 — изогипсы по поверхности фундамента, км; 6 — газовые залежи; 7 — газопроявления; 8 — соотношение начальных суммарных ресурсов нефти (числитель) и газа (знаменатель), %; А — Косью-Роговская впадина, Б — Воркутское поднятие; остальные усл. обозн. см. рис. 1

пластового резервуара, который по аналогии с Бельской впадиной Предуралья, Западным Узбекистаном и другими регионами должен быть трехслойным.

На остальной части Косью-Роговской впадины и Воркутского поднятия залежи нефти прогнозируются только в литологических ловушках (рис. 3). Залежи газа могут быть встречены в до-, син- и постгенерационных ловушках. Начальных суммарных ресурсов нефти здесь прогнозируется 20 %, газа 80 % от суммы УВ.

В заключение можно сделать следующие выводы.

1. Раздельное формирование залежей нефти и свободного газа контролируется сочетанием генетических и региональных причин, приводящих к различиям в фазовом состоянии УВ. К первым относятся тип и катагенетическая превращенность ОВ, способ-

ность газообразных флюидов к растворению в пластовых водах и выделению из них, миграционные возможности УВ, ко вторым — палео- и неогенные тектонические особенности развития региона, соотношение времени образования ловушек со временем вступления, нахождения и выхода нефтегазовых материнских толщ из ГЗН, скорость осадконакопления, термобарический режим недр, газогидрогеохимическая приуроченность залежей и др.

2. Существование залежей нефти в жестких термобарических условиях является результатом взаимодействия ряда геологических факторов, поддерживающих фазовое равновесие в пластовой системе.

3. Современное раздельное размещение залежей нефти и газа возникает при режиме восходящих тектонических движений. В результате произошла дегазация пластовых вод, образовались залежи свободного газа в зонах отсутствия нефтяных скоплений. В это же время отдельные скопления жидких УВ были переформированы в двухфазные (газо-нефтяные и нефтегазовые) системы.

4. Научное обоснование регионального и локального прогноза фазового состояния УВ в новом объекте поисковых работ — нефтегазоносной формации карбонатных отложений ордовика Косью-Роговской впадины и Воркутского поднятия обеспечивает целенаправленный поиск месторождений нефти и газа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев Ф. А. Отражение процессов нефтегазообразования в земной коре в изотопном составе углерода (к вопросу о зональности нефтегазообразования). — В кн.: Сильные изотопы углерода, водорода и др. в свете проблемы генезиса и газа. 1975, с. 90—105. (Тр. ВНИГНИ, вып. 17).
2. Аминов Л. З., Панева А. З., Удот В. Геолого-геохимическая характеристика милокских и верхнефранских отложений верхней части Тимано-Печорской провинции. — В кн.: Нефтегазоносные комплексы Печорской синеклизы. Сыктывкар, 1984, с. 44—57. (Тр. ИГ КФАН, вып. 35).
3. Богданов М. М. Оценка масштабов дегазации пластовых вод палеозойских отложений северо-востока Волго-Уральского нефтегазоносного провинции. — Экспресс-формация. Геология, бурение и разработка газовых месторождений. ВНИИЭГ-пром, 1983, № 6, с. 3—7.

Геология и геохимия нижнемеловых и юрских отложений центральной части Западно-Сибирской провинции/И. И. Нестеров, Г. Ф. Григорьев, А. В. Рыльков и др. Тюмень, 1976, с. 31—42. (Тр. ЗапСибНИГНИ, вып. 86).

Глубинный тепловой поток Европейской части СССР/Под ред. С. И. Субботина, Р. И. Кутоса. Киев: Наукова думка, 1974. Горбань В. А. О некоторых генетических типах органического вещества палеозоя севера Печорского бассейна. — В кн.: Нефтегазоносные комплексы Печорской синеклизы. Сыктывкар, 1981, с. 78—83. (Тр. ИГ КФАН, вып. 35).

Дедеев В. А. Циклы седиментогенеза и нефтегазоносные комплексы Печорского бассейна. — В кн.: Нефтегазоносные комплексы Печорской синеклизы. Сыктывкар, 1981, с. 3—26. (Тр. ИГ КФАН, вып. 35). Еременко Н. А. Развитие принципов теории формирования залежей углеводородов. — Геология нефти и газа, 1984, № 12, с. 18—24.

Зорькин Л. М., Стадник Е. В. Особенности газонасыщенности пластовых вод нефтегазоносных бассейнов в связи с генезисом углеводородов и формирование их залежей. — Изв. вузов. Геология и разведка,

1975, № 6, с. 85—100.

10. Карта новейшей тектоники СССР. Масштаб 1 : 5 000 000/Под ред. Н. И. Николаева, С. С. Шульца. М.: Госгеолтехиздат, 1959.
11. Корценштейн В. Н. Методика гидрогеологических исследований нефтегазоносных районов. М.: Недра, 1976.
12. Кремс А. Я., Вассерман Б. Я., Матвеевская Н. Д. Условия формирования и закономерности размещения залежей нефти и газа. М.: Недра, 1974.
13. Критерии раздельной оценки нефтегазоносности и газонасыщенности (на примере Тимано-Печорской провинции)/Г. А. Амосов, М. В. Белонин, И. С. Гольдберг и др. Л.: Недра, 1974. (Тр. ВНИГРИ, вып. 334).
14. Перспективы нефтегазоносности глубоких горизонтов по данным сверхглубокого бурения последних лет/А. Н. Золотов, М. И. Лоджевская, С. М. Симаков, Е. А. Рогозина. — В кн.: XXVII МГК. Месторождения нефти и газа. Секция С.13. Доклады. Т. 1. М., 1984, с. 36—43.
15. Фазовое состояние глубокозалегающих залежей пластовых углеводородов/Г. Г. Вахитов, И. Ф. Поповина, М. Д. Розенберг, В. Г. Скрипка. — В кн.: Совершенствование методов повышения нефтеотдачи пластов. М., 1980, с. 3—14. (Тр. ВНИИ, вып. 71).

ДК 552.5 : 532.311.8

И. И. ЛИТВИН (УкрНИИгаз)

Механизм формирования пластового и порового давлений

В нефтегазовой геологии широко распространено мнение о единстве генезиса поровых и пластовых давлений, родстве этих понятий [3, 7 и др.]. Допущение о равенстве поровых давлений свободных флюидов (в первую очередь воды) глинистых толщ и пластовых давлений вмещаемых или перекрываемых ими скоплений УВ служит основой всех геофизических, технологических и других методов количественной оценки пластовых давлений (новое практическое направление в нефтегазовой геологии). Поэтому вопросы генезиса пластовых и поровых давлений, их влияния на бурение скважин преобладают не только теоретическое, но и практическое значение. В последнее время некоторые геологи исходя из единства генезиса, равенства значений пластовых и поровых давлений предлагают использовать поровое давление не только для определения плотности бурового раствора, но и для выбора конструкций скважин, но для прогноза перспектив нефтегазоносности разреза осадочного чехла.

Напомним, что понятие «поровое давление» заимствовано из другой отрасли науки — механики грунтов, где под ним понимается давление в поровой среде (избыточное по отношению к исходному гидростатическому), возникающее как реакция на дополнительную нагрузку или приложенное извне [4, с. 28]. Оно рассматривается как давление в свободном вязком флюиде, превышающее пластовое гидростатическое флюидного пласта (избыточное пластовое давление). Ряд исследователей считают [4, с. 28], что следует применять термин «избыточное поровое давление».

Но в геологии нефти и газа содержание термина «поровое давление» принципиально изменилось. Под ним стали понимать давление флюида исключительно в системах неэффективной или малоэффективной пористости, какими в первую очередь являются глины. Такие давления определяются не прямыми замерами, а расчетным путем на базе интерпретации физико-механических, физико-химических и

других свойств (параметров) глинистых пород, в первую очередь их общей влагоемкости, от которой зависят пористость и плотность глин. В горной породе локализуются разные типы и подтипы воды — свободная (гравитационная, иммобилизованная, капиллярная) и связанная (адсорбированная на поверхности частиц горных пород поверхностными и молекулярными силами в кристаллической решетке). Капельно-жидкая вода в глинах присутствует в незначительных количествах. Основной объем глинистых пород связан с молекулярной и капиллярной влагоемкостью.

Известно, что остаточная вода, удерживаемая поверхностно-молекулярными и капиллярными силами, значительно влияет на пористость. Но ни одним из методов прогноза пластовых давлений нельзя фиксировать отдельно типы и подтипы вод. Одна из причин в том, что определить количество свободной («жидкой») и структурной («твердой») воды в глинах очень сложно на любой стадии уплотнения из-за постепенной границы между ними [3, с. 269]. Следовательно, пластовое давление определяется по пористости глин, рассчитанной по общей влагоемкости (молекулярной, капиллярной и, возможно, иммобилизованной).

В современной геологии горная порода рассматривается как многофазная система, состоящая из минеральных зерен, внутрипоровой воды, газов и других компонентов. Минеральный скелет представляет собой твердую, а вода, газы и другие компоненты — флюидную фазу горной породы. Под флюидом понимается субстанция, «которая не может выдерживать тангенциальных, или скалывающих, сил, когда находится в состоянии статического равновесия» [7, с. 105]. Во флюиде практически нет сил, препятствующих сдвигу. Твердыми считаются материалы, которые сопротивляются касательным силам, хотя бы на короткое время. Давление и напряжение определяются как сила, действующая на единичную площадь [8, с. 13]. Термины «напряжение» и «давление» в механике флюидов не являются синонимами.

Сила, определяющая давление, деформации и известны внутренние границы ее протекания. Это скалярная величина, следовательно, давлению будет характеризоваться суррогатом, напряжением от которой в какой-либо точке не зависит от направления энергии. Давление флюида непрерывно в объеме всей системы и действующее с равной интенсивностью во всех направлениях. Поэтому и понятие «давление» имеет физический смысл только для свободного вязкого флюида, подчиняющегося закону Паскаля [8, с. 13]. Твердый материал характеризуется неоднородностью, анизотропией прочности (предельным напряжением сдвига). Сила, ведущая к состоянию напряжения твердого материала. Следовательно, под пластовым давлением следует понимать интенсивность внутренних сил массы гидравлически связанного свободного флюида, локализованного в геогидродинамической системе горной породы. Мера интенсивности давления обусловлена генезисом локальных геогидродинамических систем и характером последующей их взаимосвязи с вмещающей средой, а по высоте конкретной системы давление изменяется в соответствии с законом Паскаля и контролируется им.

Но в горной породе значительное количество флюида, в первую очередь воды, локализуется вне геогидродинамических систем. Это связанная вода и свободная, в частности иммобилизованная, закрытых друг от друга пор горных пород, прежде всего глинистых, для которых характерна высокая, но неэффективная или малоэффективная пористость. Рассмотрим закономерности создания и передачи давлений и напряжений в системе, представленной твердой фазой минерального скелета и флюидом, входящим в скелет. Свободный флюид единичной закрытой поры (или системы пор) окружен областью минерального скелета, вследствие чего он не имеет гидравлической общности с флюидом соседней поры. В силу этого флюиды закрытых и изолированных друг от друга пор не способны перемещаться в пространстве под действием сил гравитации или малых гидродинамических напоров без приложения дополнительных сил. В результате энергии свободного флюида в системе закрытых пор пассивна, рассеяна, раз-

общена и изолирована. Примером является и свободный флюид глинистой породы. Даже недоуплотненные, характеризующиеся аномально высоким поровым давлением, а, следовательно, и предположительно значительным количеством свободной воды глинистые толщи широко известного Галф-Коста (США) рассматриваются как закрытые системы, в которых свободная вода не имеет гидравлической общности, так как локализована в изолированных друг от друга порах, при повышении температуры практически не расширяется и мигрирует из глин с экстремально малой скоростью [3, с. 271].

Генезис давления свободных флюидов подобных систем и пластовых давлений принципиально разный. С позиций создания и передачи давлений и напряжений в массиве глинистых пород рассматриваемая свободная влагоемкость является составляющей не жидкой, а твердой фазы горной породы, описание которой возможно только с помощью такой характеристики, как «напряжение». По отношению к воде закрытых пор массива горных пород, между которыми нет гидравлической общности, понятия «давление» и «пластовое давление» не имеют физического смысла. Напряжение в свободной изолированной воде закрытых пор рассматриваемой системы создается тяжестью вышележащей толщи пород, а также силами, относящимися к твердой фазе (тензору скелетных напряжений) глинистой породы. Однако свободный флюид единичной поры характеризуется давлением, формирующимся в объеме поры по закону Паскаля. Но в силу малого размера единичной поры изменение давления во флюиде глин ничтожно мало по сравнению с абсолютными значениями фиксируемых в них напряжений. В связи с этим оценивать пластовое давление флюидного пласта по напряжению массива глинистых пород не представляется возможным.

До глубин, характеризующихся температурами 60—80 °С, в глинистых породах преобладает связанная вода в составе кристаллической решетки, а также адсорбированная на поверхности минеральных частиц поверхност-

ными и молекулярными силами. Согласно современным представлениям [4 и др.], каждая глинистая частица (минеральная составляющая скелета глинистой породы) покрыта оболочкой из свободных катионов и молекул связанной воды. Поэтому взаимодействие отдельных элементов минерального скелета друг с другом осуществляется не непосредственно, а через эти гидратные оболочки связанной воды, называемые сольватными.

Поверхностные и молекулярные силы взаимодействия, особенно «расклинающее» (по Б. В. Дерягину) действие связанной молекулярной воды, неизмеримо выше, чем силы взаимодействия между молекулами воды в ее свободном состоянии. По реологическим свойствам связанная вода ближе к твердому телу, чем флюиду, так как она характеризуется предельным напряжением сдвига.

Например, на глубинах несколько сот метров при пластовой температуре 10—20 °С связанная вода в глинах имеет следующие характеристики. Толщина пленки адсорбированной на поверхности глинистых частиц воды достигает 100 нм, плотность 2 г/см³, внутреннее давление — до 1000 МПа. Вода не способна растворять какие-либо вещества и по своим свойствам не является флюидом, в данном случае жидкостью. С позиции тектуры глинистых пород, физико-механических и физико-химических свойств сольватных оболочек следует, что молекулярную влагоемкость надо рассматривать как составляющую твердой, а не жидкой фазы горной породы, а развиваемое молекулярной влагоемкостью напряжение — как напряжение в минеральном скелете, эффективное по своей сути.

Описание связанного молекулярного состояния вещества с помощью такой макроскопической характеристики, как «давление», недопустимо по причине физической фиктивности ее для структурного вещества [8, с. 137]. Следовательно, вода глинистых толщ, залегающих в интервале глубин, характеризующихся температурами до 60—80 °С, не является водой геогидродинамических систем (пластовой). Описание ее напряженного состояния с помощью понятия «давление» невоз-

можно, так как для пластичных глинистых давлений нельзя отдельно фиксировать типы воды в горной породе, значит, и рассчитать пластовое давление. На основании изложенного можно прийти к следующим основным выводам. 1. В горной породе, в том числе и в ловушках, вмещающих залежи УВ, существуют пластовые флюиды и давления, поровые флюиды и напряжения. Пластовые флюиды и давления локализируются в геогидродинамической системе горной породы, поровые флюиды и напряжения — в ее минеральном скелете. Эти различные виды энергии осадочных толщ формируют и контролируют разные термодинамические процессы массо- и теплопереноса, вследствие чего они имеют различные интенсивность, характер аккумуляции, масштабы и др.

2. Под пластовым давлением подразумевается интенсивность внутренних сил флюида геогидродинамической системы, изменение которой контролируется законом Паскаля для данного флюида. 3. Под поровым напряжением подразумевается интенсивность внутренних сил свободного и структурного флюидного вещества, локализуемого

Механизм формирования пластовых давлений и поровых напряжений включает взаимодействие во времени свободной и связанной воды минерального скелета и свободной пластовой воды геогидродинамических систем. Известно, что в процессе уплотнения горных пород, в первую очередь глинистых, происходит отжатие связанной воды. Оно является следствием механизма дегидратации и изменения видов и свойств воды по мере погружения глинистых пород, в том числе следствием перехода адсорбционно-связанной воды в свободную и др.] Однако знанием точного механизма движения флюида в глинах мы не располагаем [3, с. 182]. Многие ученые допускают дренаж глинистых толщ заключенными в них или проницаемыми их порами. Например, на основе работ американских исследователей К. Магара пришел к выводу [3] о несомненном влиянии на механизм движения флюидов в глинах или даже его контроле движением флюида в переслаиваемых с глинами проницаемыми слоями е. пластах-коллекторах. Проницаемость предполагает свободное молекулярное или гидродинамическое течение флюида, а следовательно, формирование в проницаемом горизонте флюидного пласта, характеризующегося пластовым типом давления. В то же время выше указывалось, что ко-

не в геогидродинамической системе, а в минеральном скелете горной породы, изменение которого от поры к порою контролируется силами и напряжениями тензора скелетных напряжений.

4. В силу принципиальных различий условий локализации пластовых и поровых флюидов, механизмов создания и передачи их давлений и напряжений пластовые давления и поровые напряжения могут соответствовать друг другу только в редких случаях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геологический словарь. Т. 1, 2. М.: Недра, 1973.
2. Карачинский В. Е. Методы геотермодинамики залежей газа и нефти. М.: Недра, 1975.
3. Магара К. Уплотнение пород и миграция флюидов (прикладная геология нефти). М.: Недра, 1982.
4. Мироненко В. А., Шестаков В. М. Основы гидрогеомеханики. М.: Недра, 1974.
5. О природе изменения состава и свойств глинистых пород в процессе литогенеза/З. А. Кривошеева, Р. И. Злочевская, В. А. Королев, Е. М. Сергеев.— Вестн. МГУ. Геология, 1977, № 4, с. 60—73.
6. Тхостов Б. А. Начальные пластовые давления и геогидродинамические системы. М.: Недра, 1966.
7. Фертль У. Х. Аномальные пластовые давления. М.: Недра, 1980.
8. Чепмен Р. Е. Геология и вода. Введение в механику флюидов для геологов. Л.: Недра, 1983.



РУДНОЕ И НЕРУДНОЕ МИНЕРАЛЬНОЕ СЫРЬЕ

УДК 550.84 : 553.45 (571.61/62)

В. Г. КРЮКОВ, Л. И. ЩЕРБАК (ДВМС)

Геология и металлогения Баджальского оловорудного района (Приамурье)

В течение последних двух десятилетий в пределах Баджальского хребта и его окрестностей выявлен ряд перспективных оловорудных объектов. Для дальнейшего повышения эффективности поисковых работ необходим анализ особенностей геологии района и закономерностей размещения оловорудных объектов. Баджальский вулcano-интрузивный купол входит в состав Буреинского сводового поднятия [4]

Хингано-Охотского оловоносного пояса [2, 7, 10]. Позднемезозойские и раннекайнозойские интрузивные и вулканогенные образования Баджальского района формировались в области сопряжения консолидированного Буреинского срединного массива и Сихотэ-Алинской складчатой системы.

Баджальский вулcano-интрузивный купол характеризуется повышенной мощностью земной коры (35—40 км)

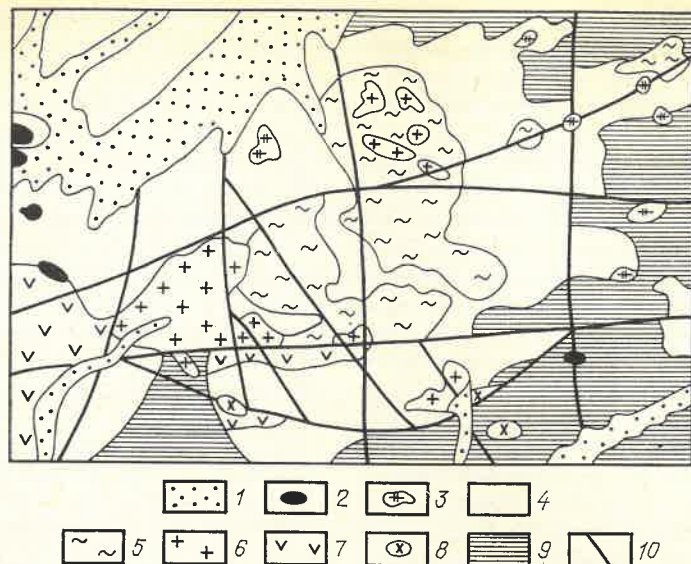


Рис. 1. Геолого-структурная схема Баджальского оловорудного района
1 — неоген-четвертичные аллювиальные отложения; 2 — позднепалеоген-четвертичная толстая серия (базальтовая формация); 3 — позднепалеоген-палеогеновая калинаторовая серия (монцонитовая и субщелочногранитовая формации); 4—6 — позднепалеогеновая

калиевая серия: 4—5 — риолитовая формация (покровная фация, 5 — субвулканическая фация), 6 — гранитовая формация; 7—8 — раннемеловая натровая серия: 7 — андезитовая формация, 8 — диоритовая формация; 9 — породы фундамента; 10 — глубинные разломы

и гравитационным минимумом [3], ограниченным с запада Урмийским разломом. Восточная граница минимума соответствует Уликинскому разлому, входящему в Хорско-Торомскую систему региональных разломов. Северное ограничение минимума совпадает с субширотным Баджальским, а южное — с дуговым Ярапским разломами. Баджальский гравитационный минимум обусловлен разуплотнением земной коры и верхней мантии на 0,05—0,12 г/см³. Глубина подошвы разуплотнения оценивается в 70—80 км, а верхняя кромка залегает вблизи дневной поверхности [6]. Гравитационному минимуму пространственно соот-

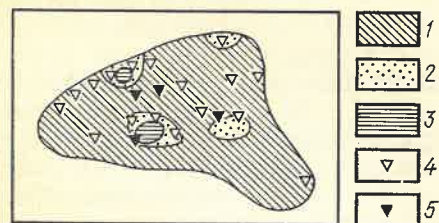


Рис. 2. Ареальная зональность оловоносных метасоматитов позднепалеогенового цикла
1 — мусковит-кварцевая; 2 — топаз-кварцевая; 3 — олигоклаз-циннабарит-кварцевая; 4—5 — месторождения и рудопроявления касситерит-кварцевой рудной формации: 4 — месторождения и рудопроявления олова, 5 — рудопроявления олова и вольфрама

ветствует Баджальский оловорудный район, представляющий область дельтовой эндогенной активности (структуру очагового типа, в понимании М. А. Фаворской и др. [5, 9]).

В геологическом развитии Баджальского рудного района выделяется четыре этапа тектономагматической активизации; раннемеловой, позднепалеогеновой, позднепалеогеновой — четвертичной.

На раннемеловом этапе при развитии дуговых и линейных разломов глубинного заложения северо-восточного простирания формировалась натровая серия магматических формаций. Позднепалеогеновый этап характеризуется развитием субширотных глубинных разломов, а также вулкано-купольных структур, выполненных породами калиевой серии. В позднепалеогеновой — палеогеновой этап образуются породы калинаторовой серии. Они распространены в основном на западной и восточной окраинах Баджальского вулкано-плутонического купола и тяготеют к субмеридиональным разломам глубинного заложения. Четвертый этап тектономагматической активизации охватывает позднепалеогеновое — четвертичное время и

характеризуется развитием базальтовых покровов толстой формации.

Породы натровой серии, объединяемые в андезитовую и диоритовую формации, распространены по западному обрамлению Баджальского вулкано-плутонического купола (рис. 1, 2, 3). На их долю приходится около 12 % площади. Андезитовая формация представлена покровными и в меньшей мере субвулканическими фациями андезитов, андезито-базальтов, дацитов, их туфов и туфитов. Диоритовая формация включает габбро, габбро-диориты, плагиограниты и гранодиорит-порфиры. Они представлены небольшими массивами преимущественно трещинного типа, а также штоками и дайками.

Породы натровой серии характеризуются повышенными содержаниями железа, магния и заметным преобладанием натрия над калием (табл. 1). Содержание олова в них несколько превышает кларковое при относительно равномерном распределении металла. Кроме того отмечается [1] накопление меди и цинка. С интрузивными породами натровой серии ассоциируют пропилиты, представляющие формацию региональных метасоматитов, и березиты — метасоматиты локальных зон.

Образования калиевой серии, включающие породы риолитовой и гранитовой формаций, фиксируются в центральной части купола, занимают значительную территорию (86 %). В составе риолитовой формации уступают место покровным и субвулканическим риолитам, делленитам, дацитам, в меньшей степени их туфам. Гранитовая формация объединяет гипабиссальные массивы гранитов, среди которых наибольших размеров на современном эрозионном срезе достигает Верхнеурмийский массив. К этой же формации относятся гранит-порфиры, включающие многочисленные дайки, штоки и силлы.

В породах калиевой серии по сравнению с натровой снижается содержание железа, магния, кальция и алюминия, при заметном преобладании калия над натрием. Геохимические особенности пород серии выражаются в повышенных содержаниях олова (в 2—10 раз выше кларка) и его нерав-

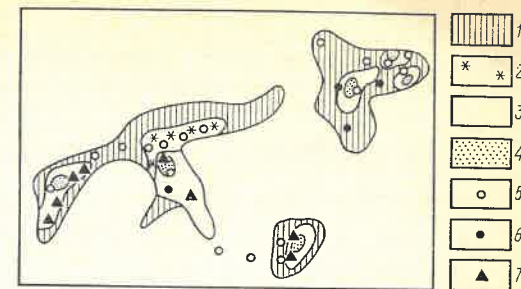


Рис. 3. Ареальная зональность оловоносных метасоматитов позднепалеогенового цикла
1—4 — формации: 1 — хлоритовых метасоматитов, 2 — турмалиновых метасоматитов, 3 — актинолитовых метасоматитов, 4 — альбитовых; 5—7 — месторождения и рудопроявления касситерит-силикатной формации: 5—6 — альбитовый, турмалиновый и хлоритовый типы (5 — малосульфидный, 6 — многосульфидный), 7 — многосульфидный актинолитовый тип

номерном распределении. Так, в породах поздних заключительных фаз Верхнеурмийского гранитного массива содержание олова колеблется от 10 до 86 г/т, содержание свинца в 3—4 раза превышает его концентрации в магматитах натровой серии. В вулканитах регионально развиты биотититы и фельдшпатолиты. С гранитными массивами ассоциируют пегматиты, грейзены и эпидозиты.

Продукты калинаторовой серии, расчленяемой на монцонитовую и субщелочногранитовую формации, пользуются незначительной распространенностью в районе (2 %). Они фиксируются главным образом в пределах глубинных разломов, ограничивающих Баджальский гравитационный минимум. Монцонитовая формация представлена субвулканической, реже гипабиссальной фацией монцонитов, монцодиоритов, монцодиоритовых и диоритовых порфиритов. Субщелочногранитовая формация проявлена в тесной пространственной ассоциации с монцонитовой в виде мелких штоков и даек гипабиссальной и субвулканической фаций: лейкократовых щелочных и аляскитовых гранитов, гранит-порфиров и граносенит-порфиров. Породам данной серии присущи брекчиевые текстуры. Отмечаются штоки магматических брекчий субщелочногранитового состава, прорывающие трещинные тела монцодиоритов.

Породы калинаторовой серии имеют черты петрохимического сходства с породами натровой серии при значительном повышении в их составе ко-

Таблица 1

Типизация и петрохимическая характеристика магматических и метасоматических оловонесущих формаций

Серия формаций	Формация	Порода, минеральные ассоциации	Количество проб	Содержание окислов элементов (г/т)															
				SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	MnO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	CO ₂	Sn	Cu	Zn	Pb	Ag
Каликатровая	Хлоритовых метасоматитов	Кр—Хл—Кв	16	63,82	0,54	17,08	3,17	4,60	0,10	1,17	3,66	3,31	2,60	0,26	228	77	165	16	3,2
	Турмалиновых метасоматитов	Ал—Хл—Кв	1	65,23	0,70	15,57	3,40	3,97	0,78	0,47	0,08	0,45	5,50	0,22	272	247	74	23	2,0
	Актиниловых метасоматитов	Ср—Тр—Кв	1	71,69	0,18	14,18	0,15	2,92	1,33	0,34	0,09	3,13	4,16	0,50	200	30	30	7	—
	Актиниловых метасоматитов	Акс—Бт—Кв	3	68,48	0,35	14,62	1,52	2,64	0,07	0,94	3,11	1,96	3,61	0,11	97	143	31	17	—
	Актиниловых метасоматитов	Рг—Акт—Пл	3	62,64	0,60	16,80	0,55	5,96	0,12	1,65	4,12	3,74	2,31	0,11	375	178	260	76	0,3
	Актиниловых метасоматитов	Гр—Пр—Пл	3	64,54	0,16	14,91	2,10	4,73	0,33	0,26	5,44	3,99	2,33	0,15	156	216	174	30	3,1
	Альбититовая	Ал—Бт—Кв	4	64,84	0,60	15,35	0,33	5,40	0,10	1,60	3,55	3,43	3,08	0,23	97	123	31	75	—
	Альбититовая	Ал—Мк—Кв	3	69,11	0,21	17,58	0,23	2,14	0,06	0,07	2,64	4,46	1,80	0,20	35	46	25	51	0,1
	Субщелочногранитовая	Субщелочные гранит-порфиры	7	74,22	0,13	12,97	0,41	1,34	0,04	0,23	0,79	3,61	4,78	0,14	82	29	36	18	—
	Субщелочногранитовая	Граниты субщелочные	8	75,14	0,16	12,63	0,29	1,16	0,04	0,35	1,06	3,47	4,70	0,22	4,9	37	54	22	—
Калиевая	Монцонитовая	Монцодиориты	4	48,29	2,48	15,27	4,28	6,26	0,24	4,31	7,99	3,26	3,51	0,17	4,6	40	32	10	—
	Монцонитовая	Диориты, сени-то-диориты	15	53,92	1,60	17,18	3,46	3,75	0,24	2,64	4,88	3,81	5,25	0,21	4,4	36	23	60	—
	Грейзеновая	Цн—Ол—Кв	1	72,10	0,20	14,05	0,11	3,39	1,84	0,34	0,07	3,00	4,15	0,12	379	177	70	289	1,8
	Грейзеновая	Тп—Кв	6	70,38	0,17	15,35	0,82	3,19	0,04	0,23	1,54	2,20	4,06	0,15	4481	3946	—	6	3,6
	Грейзеновая	Мс—Кв	21	73,48	0,16	13,46	0,70	2,16	0,04	0,25	1,49	2,14	4,07	0,11	642	1907	861	5	2,7
	Скарновая	Гр—Пр	1	47,62	0,49	12,29	4,18	5,85	1,13	1,60	23,20	0,68	1,53	0,28	9,6	—	80	30	—
	Гранитовая	Гранит-порфиры	24	72,12	0,21	13,91	0,58	2,04	0,05	0,60	1,94	3,26	4,34	0,26	7	80	47	30	0,15
	Гранитовая	Граниты	14	75,65	0,11	12,83	0,26	1,31	0,03	0,31	1,04	3,27	4,45	0,18	5	57	30	33	0,2
	Риолитовая	Риолиты	95	73,75	0,19	13,58	4,66	1,83	0,07	0,39	1,61	3,19	3,85	0,35	10	25	32	24	0,2
	Риолитовая	Деллениты	65	70,65	0,27	14,53	0,56	2,30	0,08	0,65	2,35	5,28	3,67	0,26	6	17	32	26	0,2
Натровая	Натровая	Дацины	61	66,19	0,50	16,10	0,84	3,56	0,09	1,12	3,48	3,47	3,03	0,28	4	23	40	16	0,1
	Диоритовая	Кварцевые диоритовые порфиры	6	62,65	0,61	15,73	0,83	5,02	0,12	2,67	5,35	2,72	2,47	0,02	2	23,2	73	11	0,1
	Диоритовая	Диориты	6	59,49	0,87	17,36	0,99	5,74	0,12	2,65	5,80	3,05	1,92	0,19	2	20	70	10	0,1
	Диоритовая	Габбро-диориты	3	55,56	0,86	17,58	0,41	7,10	0,13	4,56	8,23	2,65	1,29	0,06	5	10	83	20	—
	Андезитовая	Андезиты	15	58,82	0,85	16,93	1,66	5,62	0,16	2,90	5,76	3,12	1,90	—	3,4	40	30	7	0,03
	Андезитовая	Дацины	1	65,64	0,52	16,25	0,82	3,44	4,33	0,88	0,10	3,42	2,50	0,05	2	30	20	12	0,1
	Андезитовая	Риолиты	1	74,52	0,06	15,08	0,53	0,48	0,95	0,32	0,94	3,65	2,62	0,40	2	0,5	34	17	—
	Андезитовая	Риолиты	1	74,52	0,06	15,08	0,53	0,48	0,95	0,32	0,94	3,65	2,62	0,40	2	0,5	34	17	—
	Андезитовая	Риолиты	1	74,52	0,06	15,08	0,53	0,48	0,95	0,32	0,94	3,65	2,62	0,40	2	0,5	34	17	—
	Андезитовая	Риолиты	1	74,52	0,06	15,08	0,53	0,48	0,95	0,32	0,94	3,65	2,62	0,40	2	0,5	34	17	—

* Ал — альбит, Акс — аксинит, Акт — актинолит, Гр — гранат, Кв — кварц, Кр — карбонат, Бт — биотит, Мк — микроклин, Мс — мусковит, Ол — олигоклаз, Пл — плагиоклаз, Пр — пироксен, Рг — роговая обманка, Ср — серицит, Тп — топаз, Тр — турмалин, Хл — хлорит, Цн — циннабарит.

личества калия по сравнению с натрием, частичной недонасыщенности кремнеземом, а также отличаются спецификой продуктов метасоматоза, представленных как площадными нерудноносными пропилитами, кварц-гидро-слюдистыми и гранитоподобными метасоматитами, так и рудоносными альбититами, актинолитовыми, турмалиновыми и хлоритовыми образованиями. В интрузивных породах олово (4,82 г/т), свинец (60 г/т) и цинк (54 г/т) значительно превышают кларковые содержания.

Особенности химизма магматических пород Баджальского рудного рай-

она отражены на петрохимической диаграмме средних содержаний основных породообразующих окислов (структуры пород, анортит-микро-4). Поля фигуративных точек порфиритовых парагенезисов, а также натровой и калиевой серий располагаются вдоль вариационной линии пегматитов и ореолов ороговивания. Магматитам каликатровой серии свойственны признаки кристаллизации на малых и умеренных глубинах (субвулканическая и гипабиссальная фации), что подтверждается штоко- и дайкообразной формой тел, мелкозернистыми и порфировыми структурами, отсутствием гибрида и широких ореолов ороговивания. Субщелочные и монцонитоидные разности данной серии часто относятся к

разряду автомагматических брекчий, особенно свойственных Болоджоскому рудному узлу. Дайки и штоки трахипаритов и ленточных фельзитов практически повсеместно сопровождаются альбититами, а также актинолитовыми метасоматитами, в то время как штоки гранитоидов встречаются в основном совместно с альбититами.

На продуктивности оловонесущих магматических формаций сказывается степень их дифференцированности. Так, при незначительном объеме в вулкано-плутоническом куполе, но пестром наборе пород штоки и дайки каликатровой серии сопровождаются

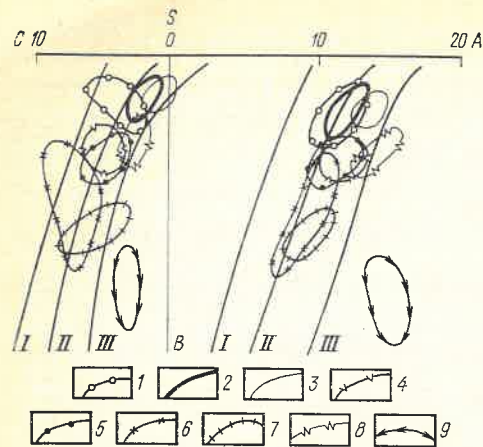


Рис. 4. Поля фигуративных точек химического состава изверженных пород Баджальского района
1 — риолиты, 2 — биотитовые граниты; 3 — субщелочные граниты; 4 — дациты, деллениты; 5 — андезиты; 6 — гранодиориты, диориты; 7 — монодиоритовые порфириты; 8 — трахидациты; 9 — трахиандезиты, мондониты. А, В, С, S — оси координат и числовые характеристики по А. Н. Заварицкому; I, II, III — вариационные линии: I — Пеле, II — Лассен-Пик, III — Сан-Франциско

турмалиновыми и хлоритовыми метасоматитами, которым принадлежит ведущая роль среди оловоносных метасоматитов. Выявлен ряд благоприятных магматических признаков локализации касситерит-кварцевого оруденения: 1) в связи с гранитными массивами проявлены оловопродуктивные грейзены; 2) для локализации оруденения благоприятны слабо эродированные и нескрытые гранитные купола, оконтуриваемые гравитационными аномалиями силы тяжести (Верхнеурмийский криптобатолит и другие купольные структуры района).

Изучение оловорудных объектов Баджальского района позволило установить временную и пространственную связь оловоносных метасоматитов с интрузивными породами завершающих фаз калиевой и калинатровой серий (см. табл. 1). Так, с гранитовой формацией проявлены пегматиты, скарны и грейзены, а с субщелочно-гранитовой — альбититы, актинолитовые, турмалиновые и хлоритовые метасоматиты. Соответственно выделяются генетические ряды продуктивных формаций: гранитовая — грейзеновая — касситерит-кварцевая; субщелочногранитовая — турмалиновых и хлоритовых метасоматитов — касситерит-силикатная. Прогнозные ресурсы

распределяются следующим образом: грейзены 25; альбититы 5; активные литовые метасоматиты 2; турмалиновый тип малосульфидных руд 43; хлоритовый тип малосульфидных руд 2; малосульфидных 5.

В наиболее продуктивных минеральных сообществах — грейзено-турмалиновых и хлоритовых образованиях — интерес представляет временное положение касситерита по отношению к главным минералам метасоматитов, часто являющееся типоморфным для определения фаций. Основываясь на наличии индукционных границ, структур взаимных границ касситерита с минералами и других признаках, следует отметить его синхронность: в грейзенах — с топазом, цинквальдитом, мусковитом, вольфрамом, щелочными полевыми шпатами, турмалинитах — с кварцем, турмалином; в хлоритовых метасоматитах — адуляром, клинохлором, афросидеритом. Отмеченные факты свидетельствуют о значительном временном интервале кристаллизации касситерита в рудах района и о положении его максимальных концентраций в колонна эволюционно завершенных формаций метасоматитов.

На основании различий в геологической структурной позиции проявлений олова, состава вмещающих метасоматитов, наличия тех или иных интрузивных факторов выделяется пять структурно-морфологических типов оловорудных объектов (табл. 2). Первые три типа составляют группу месторождений и рудопроявлений, принадлежащих касситерит-кварцевой, а последние два — касситерит-силикатной формациям.

Морфология рудных тел в объектах первого типа определяется дислокациями внутренних частей интрузивных массивов. Рудная минерализация локализуется в круто- и пологопадающих трещинах отдельности, простирание их в основном субширотное и субмеридиональное. Рудные минералы, представленные вольфрамитом, касситеритом, халькопиритом, арсенопиритом в парагенезисе с кварцем, мусковитом либо амазонитом и биотитом образуют мелкие гнезда и скопления неправильной формы. Размеры отдельных изометричных в плане гр

Таблица 2

Структурные типы оловорудных объектов Баджальского района

Тип	Рудодеформирующие структуры	Магматические породы	Околорудные метасоматиты	Компоненты руд*	Формы рудных тел	Проявление, месторождение
1	Крутопадающие и пологопадающие трещины внутри интрузивных зон	Граниты, аплиты	Пегматиты, грейзены	W, Sn, Mo, Bi	Гнезда, шилы	Центральная часть Верхнеурмийского массива
2	Контакты (крутые и пологие), разломы околорудных интрузивных зон	Граниты, мелкозернистые граниты	Грейзены кварцевые, мусковитовые	W, Sn, Bi, As, Mo	Гнезда, линзы, штокверки	Лесистое, Горелое, Цирк, Вольфрам-Макит-Сюйганское
3	Разломы, узлы их пересечения, гребни, дайки на интрузивных зонах	Мелкозернистые граниты, гранит-порфиры, аплиты	Грейзены полиминеральные	Sn, Cu, Bi, W, As	Штокверки, линейные штокверки	Грустное, Буреломное, Восточное
4	Складки стратифицированных горизонтов, разломы	Мелкозернистые субщелочные граниты, эксплозивные брекчи	Альбититы, актинолитовые метасоматиты	Sn, Cu, Ag, Pb, Zn, Bi, F	Плаще-, линзо-, трубо- и гнездообразные тела	Ближнее, Агин-Бира, Болото, Глухое, Болоджок, Иш, Курун-Гиджа, Дождливое
5	Разломы и трещинные интрузии	Гранитоиды, эруптивные и эксплозивные брекчи	Хлоритовые метасоматиты	Sn, Pb, Zn, Cu, Bi, Ag, W	Жилы, линзы, линейные штокверки	Лошадина гряда, Рудное, Комариное, Каровое
	Кольцевые и линейные разломы, жерла, неки	Фельзиты и гранит-порфиры, эруптивные брекчи	Турмалиновые метасоматиты	Sn, Cu, Bi, As	Линейные штокверки, жилы	Двойное, Омот-Макит, Стланниковое, Разломное, Проскурникова, Аракот

* Основные компоненты выделены.

зеновых тел колеблются от 1 до 20 м в поперечнике. Практического значения подобные проявления не имеют.

Объекты второго типа приурочены к контактам интрузивных тел калиевой серии Верхнеурмийского, Сюнгачанского и Ярапского массивов. В структурном плане эти объекты представляют плащеобразные тела, фиксируемые по восточному пологозалегающему контакту массивов, а также крутопадающие жилообразные тела и штокверки либо комбинации плащеобразных и крутопадающих тел. Минерализованные зоны контролируются в основном дизъюнктивами субширотного простирания. Оруденение контрастно только в крутопадающих телах, в плащеобразных грейзенах рудная минерализация рассеяна относительно равномерно. Крутопадающие тела кварц-мусковитового или топаз-мусковит-кварцевого состава содержат вольфрамит, касситерит, арсенопирит, молибденит, халькопирит и висмутин. Проявления этого типа рассматриваются в качестве источника россыпей.

Третий тип включает объекты надинтрузивной зоны. Они нередко удалены от контактов массивов по вертикали на сотни метров. В пределах рудных полей развиты дайки мелкозернистых гранитов, аплитов или гранит-порфиров. Максимальные концентрации касситерита свойственны границе перехода от олигоклаз-циннвальдит-кварцевой к топаз-кварцевой фации. Помимо олова, ценность могут представлять фтор, вольфрам и висмут. Объекты этого типа играют важную роль.

В четвертый тип объединяются проявления, локализующиеся на контакте гранитоидов калинатровой серии с осадочными породами фундамента и вулканитами. Рудоносны моноэлементные альбититы либо актинолитовые метасоматиты. Рудопоявления в альбититах характеризуются небольшими размерами, высокой контрастностью и легкой обогатимостью руд. В актинолитовых метасоматитах устанавливаются комплексные руды с соотношением олова и меди 1:5—1:100. По ресурсам они имеют второстепенное значение.

Пятый тип включает два подтипа. Первый из них представлен турмали-

нитами, образующими линейные штокверки в разломах субширотной и веро-западной ориентировки. Касситерит приурочен как к прожилкам, 0,5—0,6 км, а расстояние между ними и к межпрожилковым метасоматитами—12 км. С данными разломами ассоциирует крупнообъемные продукты главным образом продукты калинатровой серии: штоки и дайки турмалинитов, монцодиоритов, диоритов, фельзитов и сублещиковых гранитов, а также тела альбититов, актинолитовых и хлоритовых метасоматитов.

В пределах характеризуемой территории выделяется ряд вулкано-тектонических куполов: собственно Баджальский, Букам-Льянчлинский и Горноурмийский. Их границы подчеркиваются выходами интрузивных тел повышенной основности. Площадь Баджальского купола 5350 км². В состав купола входят преимущественно образования калиевой серии. В западной его части фиксируется Верхнеурмийский гранитный массив площадью 350 км².

По геофизическим и геологическим наблюдениям (аномалии силы тяжести, поля биотитов, грейзенов) устанавливается его скрытое продолжение в восточном направлении на площади 1450 км². Внутреннее строение Баджальского вулкано-плутонического купола определяется развитием интрузивных массивов и сочетанием вулкано-тектонических и разрывных структур. Полиформные вулкано-тектонические сооружения имеют овальную или близкую к ней форму в плане. К ним относятся Урмийская, Гербинская, Сюнгачанская, Ярапская, Урми-Правоярапская структуры, сложенные в основном породами калиевой серии. В купольных структурах закартированы Сюнгачанский, Ярапский, Гербинский и другие гранитные массивы, а также серии даек гранит-порфиров. В таких постройках, как Куркальтинская, Ось-Баджальская, Кадагачинская, Баджальская, преобладают породы калинатровой серии. Последовательность геологических событий представляется следующим

образом: 1) в раннемеловое время заложение Баджальского вулкано-интрузивного купола, проявление подкорового магматизма в виде излияния по региональным дуговым и радиальным разломам эффузивов повышенной основности, завершившееся внедрением габбро, диоритов, гранодиоритов; 2) переход к коровому магматизму в позднемеловой период на фоне активизации субширотных и субмеридиональных разломов; 3) проявление интрузий повышенной основности и щелочности, обусловленное развитием структур, ограничивающих баджальский купол, и разломов, пересекающих его в северо-западном направлении в мел-палеогеновое время. Со вторым и третьим этапами связывается формирование оловорудной минерализации. Крупные конфокальные дуговые разломы (Гранитный, Ярапский, Джаки-Унахтинский) контролируют не только размещение вулканитов и интрузивных пород, но и региональных метасоматитов, представленных биотититами и фельдшпатофирами, пропилитами и гидрослюдистыми метасоматитами. При этом метасоматозу подвергаются породы как андезитовой, так и риолитовой формации, что свидетельствует о длительности региональных метасоматических процессов. Продукты метасоматоза проявляются в виде линейных или овальных в плане полей, ширина которых достигает 6—12 км, а в отдельных случаях 15—20 км при протяженности в первые десятки километров. Из перечисленных различий наиболее контрастны биотититы, развивающиеся как по осадочным отложениям фундамента, так и по вулканитам Баджальского купола. Оловянные, оловянно-вольфрамовые и оловянно-полиметаллические месторождения и рудопоявления характеризуются, с одной стороны, связью с двумя разновозрастными магматическими сериями, а с другой — приуроченностью к различным структурам. При этом в зависимости от ранга территории отмечается либо равноценное влияние магматических и тектонических факторов на размещение объектов, либо преобладающая роль какого-либо одного фактора. В зависимости от вышеизложенного рассма-

тотский, Омотский, Гербинский, П

тотский, Омотский, Гербинский, П

тотский, Омотский, Гербинский, П

риваются закономерности локализации оруденения в Баджальском вулканогенном куполе и вулканогенно-тектонических структурах более низкого порядка.

В пределах Баджальского вулканогенного купола оруденение касситерит-кварцевой формации тяготеет к приконтактовым частям интрузивных тел и надинтрузивным зонам. К северному контакту Верхнеурмийского массива и гребневидному выступу, осложненному Баджальским глубинным разломом, приурочены оловорудные проявления Цирк, Грустное, ряд зон в составе проявлений Двойное и Омот-Макит. Вдоль южного контакта массива, в зоне влияния Урми-Курского разлома, отмечаются проявления Горелое, Высокое, в приконтактовой части Сюигаганского массива — Сюигаганское олово-вольфрамовое проявление. Для приконтактовых площадей других гранитных массивов характерны в основном шлиховые ореолы касситерита, ассоциирующего с минералами грейзенов: вольфрамитом, висмутом самородным.

Четко проявляется зональность в размещении объектов касситерит-кварцевой формации по отношению к Верхнеурмийскому массиву. В его эндоконтакте локализуются оловянные проявления в мусковит-кварцевых либо лепидолит-кварцевых грейзенах (Лесистое). Они приурочены к субширотным и субмеридиональным структурам. Эти проявления характеризуются незначительными параметрами. В экзоконтактовой зоне массива устанавливаются оловянно-вольфрамовые и вольфрамовые с молибденитом проявления в биминеральных грейзенах (Высокое, Вольфрам-Макит, Сюигаганское). Такие объекты имеют также довольно скромные параметры, за исключением плащеобразных тел, развитых по восточному криптобатолитовому продолжению массива. В над-и околоинтрузивной зоне располагаются существенно оловянные проявления. Они локализуются в полиминеральных грейзенах (Восточное, Усы и др.), некоторые из них достигают значительных размеров.

Рудоопределяющая роль дизъюнктивов подчеркивается приуроченностью проявлений касситерит-кварце-

вой формации к разломам субширотного и субмеридионального простирания, а касситерит-силикатной формации — к разломам субширотной северо-западной ориентировки. Объекты, локализуемые на пересечении разломов субширотного и северо-западного простирания, характеризуются существенными параметрами. Основные части рудоопределяющих нарушений трассируются цепочками рудопоявлений: Стланниковое — Цирк Горелое; Грустное — Лесистое — Высокое; Двойное — Дождливое — Длинное — Правосюигаганское; Омот-Макит — Левосюигаганское. Первые упомянутые структуры имеют субширотное, а последние — субмеридиональное, а последние — северо-западное простирание. Расстояние между рудоопределяющими структурами составляет 6—9 км. В результате пересечения разломов образуются тектонические блоки, в углах которых концентрируются месторождения, и наиболее крупные проявления. Расстояние между проявлениями больше или меньше выдержано и в целом можно говорить о «шаге рассредоточения» рудопроявлений, равном 6—9 км.

В позднемеридиональных — палеогеновых структурах (Ось-Баджальской, Каменской и Баджальской) определены факторами и размещением оловорудных объектов являются как магматические образования, так и метасоматические образования. Наиболее показательны в этом отношении строения массивов калиевой и калинатроновой серий, контакты которых подчеркивают ореолами контактового метасоматизма, ассоциируют ареалы гранитоидов размером около 1,5 км в поперечнике. Сам массив и его ближайшее эффузивное и осадочное обрамление вмещают проявления касситерит-силикатной формации в виде бититов. Последние к периферии калинатровой серии сопряжены турмалиновыми и хлоритовыми метасоматитами. При этом стоит подчеркнуть значительную роль альбитов и хлоритовых метасоматитов, в которых локализуются наиболее крупные объекты, приуроченные к углам пересечения разломов субширотной и субмеридиональной ориентировки с шагом рассредоточения 6—9 км.

Анализ геолого-структурных и

металлогенических особенностей района позволяет выделить ряд закономерностей формирования магматических, метасоматических и рудных формаций в пределах Баджальского оловорудного района. Становление Баджальского вулканогенного купола происходило в мезозойско-кайнозойскую эпоху тектоно-магматической активизации. Выделяется два оловорудных этапа: позднемеридиональный и позднемеридионально-палеогеновый. Каждому этапу соответствует один завершающий гидротермально-метасоматический цикл: позднемеридиональному — касситерит-кварцеворудный, а позднемеридионально-палеогеновому — касситерит-силикатный.

Расположение Баджальского вулканогенного купола в зоне сочленения Буреинского срединного массива и Сихотэ-Алинской складчатой области обусловлено формированием крупных долгоживущих разломов, имеющих характер магмо- и рудоконтролирующих структур.

Гранитоиды региона по петрохимическим характеристикам сходны с гранитоидами других оловорудных районов Дальнего Востока, им свойственно преобладание калия над натрием, увеличение содержания окислительного железа по сравнению с закисным. На масштабах района наиболее продуктивны дифференцированные и пестрые по составу магматические формации. Типично интрузивными по морфологии и строению массивами калиевой и калинатроновой серий, контакты которых подчеркиваются ореолами контактового метасоматизма, ассоциируют ареалы гранитоидов размером около 1,5 км в поперечнике. Сам массив и его ближайшее эффузивное и осадочное обрамление вмещают проявления касситерит-силикатной формации в виде бититов. Последние к периферии калинатровой серии сопряжены турмалиновыми и хлоритовыми метасоматитами. Благоприятны для развития оловянных метасоматитов слабо эро-

дированные и нескрытые гранитные купола, оконтуриваемые гравитационными аномалиями силы тяжести (Верхнеурмийский криптобатолит и ряд других купольных сооружений). Размещение локальных метасоматитов, несущих оруденение, определяют ортогональная и диагональная системы глубинных размеров. Нарушения этих же направлений наблюдаются и в пределах рудных полей, меняется только «шаг рассредоточения».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болотников А. Ф., Кравченко Н. С., Крутов Н. К. Магматизм и рудоносность Баджальского района. Хабаровск, 1975.
2. Ицксон М. И. Распределение оловорудных месторождений в складчатых областях. — Сов. геология, 1958, № 1, с. 86—113.
3. Лишневский Э. Н. О некоторых особенностях строения земной коры и размещения оловянного и золотого оруденения на Дальнем Востоке в свете гравиметрических данных. — Докл. АН СССР, 1968, т. 181, № 4, 5, 6, с. 10 455—10 458.
4. Металлогенические особенности Хинган-Охотского оловянного пояса/В. Г. Крюков, Н. К. Крутов, Н. П. Макеев и др. — В кн.: Магматические комплексы Дальнего Востока и их рудоносность. Хабаровск, 1981, с. 77—79.
5. Новые принципы металлогенического прогноза территории Приморья/Под ред. М. А. Фаворской. М.: Наука, 1977.
6. Парфенов Л. М., Рейнлиб Э. Л. Природа гравитационных минимумов юга Дальнего Востока. — Докл. АН СССР, 1976, т. 227, № 5, с. 1204—1207.
7. Радкевич Е. А. Металлогенические провинции Тихоокеанского пояса. М.: Наука, 1977.
8. Роль разломов в локализации магматизма и оруденения в Баджальской вулканической зоне (Приамурье)/Е. А. Кулиш, Е. И. Бондаренко, В. Н. Воеводин и др. — В кн.: Разломы и эндогенное оруденение Байкало-Амурского региона. М., 1982, с. 138—151.
9. Связь магматизма и эндогенной минерализации с блоковой тектоникой/М. А. Фаворская, И. Н. Томсон, Р. Т. Иванов и др. М.: Недра, 1979.
10. Усенко С. Ф., Чеботарев М. В. Геология и оловянная рудоносность Приамурья. М.: Недра, 1973.



УДК 551.762 : 561 (575.3)

В. С. ЛУЧНИКОВ (Тадж. отд-ние ВНИГНИ)

О расчленении нижней юры Таджикистана по палеоботаническим данным

Существуют различные точки зрения на значение макрофоссилий для стратиграфического расчленения континентальных толщ. В работах В. А. Вахрамеева, Т. А. Сикстель, Р. З. Генкиной, В. С. Лучникова и ряда других обосновывается возможность поуровневого деления среднеюрских отложений Средней Азии по растительным остаткам. Нижний отдел юры пока ни в одном из регионов на ярусы не подразделялся: не известно ни одного района, где бы были выявлены растительные ассоциации, отвечающие всем ярусам лейаса. В Средней Азии, отличающейся весьма благоприятными условиями для выполнения детальных фито-стратиграфических исследований, выделены нижний и нерасчлененный средний + верхний лейас [5, 6, 16] или нижний + средний лейас и тоар [11, 14, 15].

В наиболее интересном в палеоботаническом отношении районе Средней Азии — на Дарвазе — автору [9] в результате детального послойного изучения в юрской толще удалось наметить несколько разновозрастных растительных комплексов, последовательно сменяющих друг друга в разрезе. Исследования, проведенные в последние годы, позволили выявить в различных регионах Средней Азии флоры, отвечающие ярусам нижней юры.

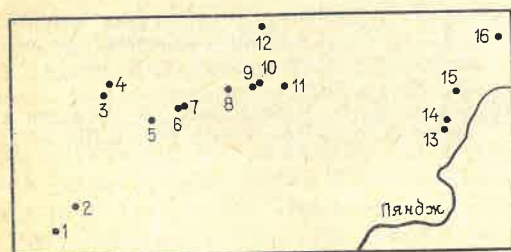


Схема расположения изученных разрезов юры

1 — Кампиртубе, 2 — Санджар, 3 — Бахча, 4 — Оксу, 5 — Дибодом, 6 — Гулиоб, 7 — Шаргунь, 8 — Ташкутан, 9 — Ходжамастон, 10 — Лючоб, 11 — Сайед, 12 — Фан-Ягноб, 13 — Гринг, 14 — Шкельдара, 15 — Равноу, 16 — Мианаду

Наиболее древний комплекс ископаемых растений (I) впервые установлен автором [8] в двух значительно удаленных друг от друга районах (приток р. Гринг — левого притока р. Обин, Юго-Западный Дарваз). Другой комплекс (II) выявлен на южном склоне Гиссарского хребта (приток р. Мечетли, верховья р. Гулиоб). Здесь растительные остатки найдены в маломощной линзе углистых глин, залегающей в верхах бокситоносной пачки пород ташкутанской свиты. В обоих районах установлены представительные тафоценозы, обнаруживающие заметное сходство. В состав дарвазского комплекса макрофоссилий входят: *Todites princeps* (Presl) Gothan, *Clathropteris meniscioides* Brongn., *Hausmannia crenata* (Nath.) Moeller, *Coniopteris Anthrophyopsis vachrameevii* Luninikov, *Pseudoctenis* sp., *Anomozamites minor* (Brongn.) Nath., *Zamia* aff. *vachrameevii* Dolud., *Zamia* sp., *Ctenozamites* (?) sp., *Sphenozamites* sp., *Otozamites kirgizicus* Genk., *Otozamites* sp., *Pterophyllum andraeanum* Schimp., *P. propinqua* Goerr., *P. pshartense* Pryn., *Neocalamites brevis* Brongn., *N. rajmahalis* (Morris) Sew. et Sav., *Taeniopteris asiatica* Brick, *T. costata* Halle, *T. tenuinervis* Brauns, *Macrotaeniopteris virgata* Zeiller, *Brachyphyllum gracile* Brongn., *Brachyphyllum* sp., *Pterophyllum kutalense* Sixt., *Elatides* gr. *curvifolia* (Dunk.) Nath., *Y* sp.

В гулиобском комплексе автором определены: *Todites* cf. *princeps* (Presl) Gothan, *Phlebopteris* sp., *Hausmannia forchhammeri* Vachrameev, *H. cf. leei* Sze, *Coniopteris*

hymenophylloides (Brongn.) Sew., *Cladophlebis* cf. *schensiensis* P'an, *Cladophlebis* (*Todites*) sp., *Sphenopteris* sp., *Spiropteris* sp., *Anomozamites gracilis* Nath., *A. minor* (Brongn.) Nath., *Zamites* sp., *Ctenozamites* (?) ex gr. *wolfiana* Gothan, *Otozamites anglica* (Sew.) Harris, *Pterophyllum aequale* (Brongn.) Nath., *P. andraeanum* Schimp., *P. bavieri* Zeiller, *P. cycadites* Harris et Rest, *P. nathorstii* Sew., *P. pshartense* Pryn., *Nilssonia* sp., *Taeniopteris asiatica* Brick, *T. tenuinervis* Brauns, *T. cf. vittata* Brongn., *Cycadolepis corrugata* Zeiller, *Ginkgo* sp., *Sphenobaiera angustifolia* Heer, *P. speciosa* Heer, *Podozamites* sp., *Ferganiella* sp., *Brachyphyllum* ex gr. *gracile* Brongn., *Palissya* (?) sp., *Elatides* sp., *Stachyotaxus* sp., *Pityophyllum angustifolium* (Nath.) Moeller, *P. Nordenskioldii* (Heer) Nath., *Carpolithes cinctus* Nath., *C. oviformis* Pryn.

Для древнего комплекса характерно преобладание многочисленных и разнообразных цикадофитов, среди которых ведущую роль продолжают играть представители родов *Pterophyllum* и *Taeniopteris*; обилие остатков хвойных до 35 % от общего количества растительных остатков тафоценозов), преимущественно *Brachyphyllum* и *Pagiophyllum* и появление первых представителей *Elatides*; довольно частая встречаемость (до 10 % от общего числа отпечатков) папоротников, преимущественно древнего облика (*Clathropteris meniscioides*, *Todites*), появление первых редких представителей рода *Coniopteris* — широко развитого вида *C. hymenophylloides* и единичных папоротников *Hausmannia*; присутствие *Anthrophyopsis*, *Zamites*, *Anomozamites*, *Ctenozamites*, *Otozamites*, *Sphenozamites*. По основным компонентам его можно назвать папоротниково-хвойно-цикадофитовым. Гулиобский комплекс отличается от дарвазского присутствием гинкговых, большим разнообразием хвойных, а также составом цикадофитов. По закономерностям развития основных компонентов к папоротниково-хвойно-цикадофитовому комплексу относятся растительные ассоциации, выявленные на-

ми в различных районах юго-востока Средней Азии.

В нижних слоях юрского разреза месторождения Равноу (Юго-Западный Дарваз) найдены макрофоссилии: *Neocalamites* sp., *Todites princeps*, *Phlebopteris* sp., *Clathropteris meniscioides*, *Hausmannia* sp., *Coniopteris hymenophylloides*, *Anomozamites dentatus*, *Otozamites* sp., *Pterophyllum* sp., *Nilssonia acuminata*, *Nilssonia* sp., *Ginkgo* sp., *Sphenobaiera angustiloba*, *Pagiophyllum* sp. Этот обедненный комплекс отличается увеличением в растительном спектре количества папоротников и их разнообразием. В целом в нем сохраняется та же закономерность — преобладание цикадофитов и хвойных. По-видимому, данный тафоценоз отвечает переходной зоне от I папоротниково-хвойно-цикадофитового комплекса к II более молодому (папоротниковому).

В основании юрского разреза угольного месторождения Сайед (южный склон Гиссарского хребта) под угольным пластом установлен флористический комплекс, представленный *Pterophyllum* sp., *Nilssonia orientalis*, *N. aff. tenuinervis*, *Taeniopteris ferganensis*, *Elatocladus confertus*, *E. ketovae*, *Pagiophyllum setosum*, *Elatides curvifolia*. Этот папоротниково-хвойно-цикадофитовый комплекс обнаруживает тесную связь с гулиобской флорой, отличаясь от последней более обедненным составом, увеличенным содержанием хвойных (до 45 %) и отсутствием папоротников. Среди растительных остатков в обилии встречаются изолированные листочки форм *Pterophyllum* и *Taeniopteris*.

В разных районах юго-западных отрогов Гиссара (см. рисунок) в разрезах Дибодом (хр. Сурхантау) и Оксу (Яккабагские горы) в основании юры выявлены растительные ассоциации, также отвечающие папоротниково-хвойно-цикадофитовому комплексу. Одна из них представлена *Neocalamites* sp., *Todites princeps*, *Anomozamites minor*, *Taeniopteris ferganensis*, *Pterophyllum* sp., *Nilssonia* sp., *Pityophyllum latifolia*, другая — *Neocalamites* sp., *Coniopteris hymenophylloides*, *Phlebopteris* sp., *Cladophlebis lobifolia*, *Cladophlebis* sp., *Otozamites obtusus*, *Otozamites* sp., *Anomozamites*

cf. *nilssonii*, *Anomozamites* sp., *Nilssonia formosa*, *Taeniopteris* sp., *Ginkgo sibirica*, *Sphenobaiera longifolia*, *Phoenicopsis angustifolia*, *P. speciosa*, *Czekanowskia rigida*, *C. setacea*, *Elatocladus* sp., *Elatides setosa*, *Pityocladus cobukensis*, *Pityophyllum nordenskioldii*, *Stachyotaxus* sp. В обоих фитоценозах отчетливо наблюдаются общие соотношения основных групп ископаемых растений, составляющих комплекс. В сурхантауской флоре участвуют и цикадофиты (до 70 %), и обильные хвойные рода *Pityophyllum* при почти полном отсутствии других групп растений; в незначительном количестве присутствуют плауновидные. Яккабагская флора помимо доминирующих цикадофитов и хвойных содержит гинкговые, чекановские (до 15 %) и редкие папоротники.

Исходя из вышеизложенного в самых низах наиболее полных юрских разрезов можно выделить самостоятельный, наиболее древний регионально развитый хвойно-цикадофитовый комплекс (I).

Выше I, также лишь в полных разрезах, выделяется II регионально развитый комплекс ископаемых растений. Наиболее полно он представлен макрофоссилиями в разрезах угольных месторождений Шаргунь и Ташкутан. В Шаргуни растительные остатки обнаружены в подошве мощного угольного пласта. Нами определены: *Neocalamites* sp., *Marattiopsis muensteri* (Goerpp.) Schimp., *Todites roessertii* (Zeiller) Oishi, *Phlebopteris polypodioides* Brongn., *Clathropteris obovata* Oishi, *Thaumatopteris elongata* Oishi, *T. cf. remauryi* (Zeiller) Oishi, *Hausmannia leeiiana* Sze, *Hausmannia* sp., *Coniopteris hymenophylloides* (Brongn.) Sew., *Hissaropteris* sp., *Lobifolia lobifolia* (Phill.) Rasskaz. et E. Lebed., *Cladophlebis schensiensis* Pan, *Cladophlebis* sp., *Anomozamites* sp., *Pterophyllum andraeanum* Schimp., *P. aff. bavieri* Zeiller, *Stachyotaxus* sp., *Elatocladus* sp., *Elatocladus* sp., *Pityophyllum angustifolium* (Nath.) Moeller. В Ташкутане флора выявлена в прослоях глины угольного пласта, имеющего сложное строение. Она представлена: *Marattiopsis muensteri*, *Marattiopsis* sp., *Todites princeps*, *To-*

dites sp., *Phlebopteris muensteri*, *P. polypodioides*, *Clathropteris obovata*, *Thaumatopteris hissarica*, *Hausmannia forchhammeri*, *H. leeiiana*, *Coniopteris* sp., *Hissaropteris* sp., *Cladophlebis tashensis*, *Anomozamites minor*, *Pityophyllum bavieri*, *Taeniopteris vitifolia*, *Ginkgo ferganensis*, *Baiera* sp., *Sphenobaiera* sp., *Phoenicopsis angustifolia*, *Brachyphyllum* sp., *Pagiophyllum peregrinum*, *Elatides curvifolia*, *Pityophyllum angustifolium*.

Приведенные списки свидетельствуют о резких различиях, существующих между I и II флористическими комплексами. Характерными признаками II растительной ассоциации являются преобладание многочисленных и разнообразных папоротников — диптеревых, матониевых и мараттиевых; постепенное сокращение количества и видового состава цикадофитов; обилие остатков хвойных, увеличение числа представителей *Elatides* и *Pityophyllum*; заметное увеличение количества гинкговых и чекановских, присутствие редких *Coniopteris*. Видовой состав ископаемых растений II комплекса в сравнении с I изменяется на 63—70 %. В нем почти полностью исчезают представители растительной ассоциации I: *Anthrophyopsis*, *Marattiopsis*, *Taeniopteris*, *Yuccites* и др.

Соотношение I и II растительных ассоциаций отчетливо прослеживается в разрезах Дарваза. Так, в обнажении Гринг в одноступенчатых породах (плах) удаленных друг от друга районов (каменноугольные месторождения Шаргунь и Мианаду), выявлены богатые флора I комплекса вверх по разрезу сменяется обедненным комплексом II. В разрезах Шаргунь выше II комплекса встречаются *Marattiopsis muensteri*, *Dictyophyllum* sp., *Phlebopteris polypodioides*, *Clathropteris obovata*, *C. meniscioides*, *Pityophyllum nordenskioldii*, *P. angustifolium*, *Podozamites lanceolatus* (Brongn.) Sew., *C. latifolia* Brick, *Ginkgo ferganensis*. В Гулиобе в пластах мощного угольного пласта выявлены: *Dictyophyllum* sp., *Clathropteris obovata*, *Todites princeps*, *Phlebopteris* sp., *Hausmannia leeiiana*, *Brachyphyllum* sp., *Pityophyllum angustifolium* (Nath.) Moeller. Обедненный видовой состав флор и резкое преобладание папоротников позволяют отнести их ко II флорностадийному комплексу (папоротниковому).

Папоротниковый (диптериевый) комплекс установлен в районе Фан-Ягнобского угольного месторождения [10]. Здесь в раватской свите в линзах алевролитов и глин среди толщ мелкообломочных брекчий определены: *Neocalamites carrerei*, *Phlebopteris braunii*, *Hausmannia* sp., *Dictyophyllum* sp., *Clathropteris obovata*, *Thaumatopteris hissarica*, *Todites* sp., *Cladophlebis suluktensis*, *Ginkgo sibirica*, *G. huttonii*, *Baiera* sp., *Phoenicopsis angustifolia*, *Palissya* sp., *Podozamites angustifolius*, *P. lanceolatus*. Как и в рассмотренных случаях, в этом комплексе заметно преобладают диптериевые и матониевые папоротники. Часто встречаются хвойные; гинкговые и чекановские играют второстепенную роль. Приведенные материалы показывают, что II флорностадийный комплекс, как и I, имеет региональное распространение, сменяется последним в разрезе, но не подменяет его, как отмечалось ранее [15, 16]. Впервые в Средней Азии самостоятельно выделен III растительный комплекс. Как отмечалось ранее [8], выше диптериевого комплекса намечается растительная ассоциация с обильными папоротниками (*Cladophlebis* и хвойными (*Brachyphyllum*, *Pityophyllum*). За последние годы в результате исследований, проведенных в разрезах Дарваза, Шаргунь и Мианаду, выявлены богатые флоры I комплекса вверх по разрезу сменяются обедненным комплексом II. В разрезах Шаргунь выше II комплекса встречаются *Marattiopsis muensteri*, *Dictyophyllum* sp., *Phlebopteris polypodioides*, *Clathropteris obovata*, *C. meniscioides*, *Pityophyllum nordenskioldii*, *P. angustifolium*, *Podozamites lanceolatus* (Brongn.) Sew., *C. latifolia* Brick, *Ginkgo ferganensis*. В Гулиобе в пластах мощного угольного пласта выявлены: *Dictyophyllum* sp., *Clathropteris obovata*, *Todites princeps*, *Phlebopteris* sp., *Hausmannia leeiiana*, *Brachyphyllum* sp., *Pityophyllum angustifolium* (Nath.) Moeller. Обедненный видовой состав флор и резкое преобладание папоротников позволяют отнести их ко II флорностадийному комплексу (папоротниковому).

P. perigrinum (Lindl. et Hutt.) Sew., *P. setosum* (Phill.) Sew., *Elatides setosa* (Phill.) Stanis., *Conites* sp., *Pityophyllum angustifolium* (Nath.) Moeller, *P. nordenskioldii* (Heer) Nath., *Storgardia* sp., *Carpolithes minor* Pryn., *Carpolithes* sp.

Наиболее обильные макрофоссилии найдены в разрезе Мианаду в пачке переслаивающихся песчаников, алевролитов и маломощных линз углистых пород. Эта типовая флора III комплекса представлена: *Thallites* sp., *Lycopodites* sp., *Neocalamites carrerei* (Zeiller) Halle, *Equisetites beanii* (Bunb.) Sew., *Todites roessertii* (Zeiller) Oishi, *Phlebopteris* sp., *Coniopteris hymenophylloides* (Brongn.) Sew., *C. porcina* Brick, *C. spectabilis* Brick, *Hausmannia* sp., *Cladophlebis delicatula* Yabe et Oishi, *C. denticulata* (Brongn.) Font, *C. haiburnensis* (Lindl. et Hutt.) Brongn., *C. magnifica* Brick, *C. serrulata* Samyl., *C. seawardii* Johansson, *C. aff. sulcata* Brick, *C. subdenticulata* Tur.-Ket., *Lobifolia lobifolia* (Phill.) Rasskaz. et E. Lebed., *Anomozamites aff. inconstans* (Goerpp.) Schimp., *Pterophyllum* sp., *Ctenis kirgisica* Brick ex Gomolitzky, *Ctenis* sp., *Taeniopteris* sp., *Baiera* sp., *Brachyphyllum mamillare* Brongn., *Pagiophyllum peregrinum* (Lindl. et Hutt.) Sew., *P. setosum* (Phill.) Sew., *Elatides ketovae* Gomolitzky, *Elatides setosa* (Phill.) Thomas, *Elatides* sp., *Storgardia spectabilis* Harris, *Storgardia* sp., *Pityophyllum angustifolium* (Nath.) Moeller.

Как видно из списков, типовые флоры III раннеюрского комплекса резко отличаются от II растительной ассоциации. Их характерными признаками являются: преобладание многочисленных и разнообразных крупноперишковых папоротников рода *Cladophlebis*; обилие хвойных — до 50 % и более (наряду с преобладающими *Brachyphyllum* и *Pagiophyllum* широко развиты *Elatides*, *Elatocladus*, *Pityophyllum*, редкие *Podozamites*); значительное сокращение диптериевых и матониевых папоротников; редкая встречаемость цикадофитов, появление редких *Ctenis*; постепенное увели-

чение *Coniopteris*, развитых спорадически; появление юрских форм хвощей *Equisetites*. Наряду с многочисленными новыми формами папоротников (*Cladophlebis*, *Coniopteris*) продолжают существовать представители более древних родов — *Todites*, *Thaumatopteris*, *Phlebopteris* и др. Исчезают многие виды *Otozamites*, *Anomozamites*, *Pterophyllum*, *Taeniopteris*.

Аналогичные растительные остатки III комплекса встречены в районе каменноугольных месторождений Сайед и Ташкутан. В разрезе Сайед обнаружены *Equisetites laterale* (= *ferganensis*), *Todites roessertii*, *T. princeps*, *Todites* sp., *Coniopteris* sp., *Cladophlebis denticulata*, *C. haiburnensis*, *C. suluktensis*, *C. williamsonii*, *Sagenopteris colpodes*, *S. cf. nilssoniana*, *Sagenopteris* sp., *Ctenis* sp., *Nilssonia orientalis*, *N. vittaeformis*, *Taeniopteris asiatica*, *T. ferganensis*, *T. lata*, *Cycadolepis* sp., *Ginkgo lepida*, *Brachyphyllum* sp., *Pagiophyllum setosum*, *Pagiophyllum* sp., *Elatides curvifolia*, *Elatocladus confertus*, *Pityophyllum angustifolium*, *P. nordenskioldii*, *Palyssya* sp. В Ташкутане выше угольного пласта со II флороносным комплексом в толще переслаивающихся песчаников, алевролитов, глинистых пород выделена III растительная ассоциация с остатками *Thaumatopteris hissarica*, *Phlebopteris* sp., *Cladophlebis denticulata*, *C. haiburnensis*, *C. multinervis*, *C. nebbensis*, *C. stenolopha*, *Anomozamites minor*, *Taeniopteris asiatica*, *Pagiophyllum kutalense*, *Brachyphyllum* sp., *Pityophyllum angustifolium*.

Несмотря на имеющиеся различия, в составе растительных ассоциаций прослеживается общая, характерная для III флороносного комплекса, закономерность: доминирующая роль принадлежит папоротникам *Cladophlebis* и разнообразным хвойным. Появление редких *Sagenopteris*, *Nilssonia* в сайедской ассоциации, на наш взгляд, объясняется тем, что флора собрана в верхней части толщи, охарактеризованной III комплексом, в которой появляются элементы более молодой флоры. В этой тафофлоре преобладают разнообразные хвойные (до 60 %), среди которых присутствуют многочисленные *Pagiophyllum* и *Brachyphyllum*, а из более древних

растений сохранились *Todites*, *Taeniopteris*. Ташкутанский комплекс ближе к типовому, примерно с теми соотношениями основных растительных компонентов.

Заметно отличаются по составу типовой флоры III растительного комплекса макрофоссилии Фан-Ягод. Здесь выявлены: *Neocalamites camptolobus* (Eichw.) Heer, *P. distans* (Presl) Braun, *P. lanceolatus* (Lindl. et Hutt.) F. Braun, *Elatides curvifolia* (Dunk.) Nath., *Pityophyllum angustifolium* (Nath.) Moeller, *P. lindstroemii* Nath., *Ginkgo huttonii*, *G. obrutschei*, *G. sibirica*, *Sphenobaiera czezanowskiana*, *Czezanowskia rigida*, *Podozamites angustifolius*, *P. distans*, *P. lanceolatus*, *Ferganiella weberi*, *Ferganiella princeps* (Presl) Goth., *T. roessertii* (Zeiller) Oishi, *T. williamsonii* (Brongn.) Sew., *Thaumatopteris elongata* Oishi, *T. hissarica* (Brongn.) Hirm. et Hoerh., *Hausmannia forchhammeri* Barth., *H. leiostachya* Sze, *Coniopteris porcina* Brick, *C. spectabilis* Brick, *Eboracia lobifolia* (Phill.) Thomas, *Sphenopteris gracillima* Heer, *Cladophlebis turkmenica* Tur.-Ket., *C. argutula* (Heer) Font., *C. delicatula* Yabe (Font.), *C. haiburnensis* (Lindl. et Brongn.) Nath., *C. stenolopha* (Brongn.) Nath., *C. subdenticulata* Tur.-Ket., *C. vassensis* Ward., *C. aff. vassensis* Ward., *C. whitbiensis* (Brongn.) Brongn., *C. williamsonii* (Brongn.) Brongn., *Cladophlebis* sp., *Sagenopteris phillipsii* (Brongn.) Presl, *Anomozamites* sp., *Pterophyllum uzbekistanica* Iminov, *Nilssonia acuminata* (Presl) Goerr., *N. dentata* Brick, *N. saighanensis* Sew., *N. tenuinervis* (Brongn.) Brongn., *Taeniopteris asiatica* Brick, *T. vittata* sp., *Marattiopsis muensteri* (Goerr.) Schimp., *Todites princeps* (Presl) Goth., *Todites roessertii* (Zeiller) Oishi, *Todites* sp., *Coniopteris phillipsii* (Brongn.) Brongn., *Pityophyllum angustifolium* (Nath.) Moeller, *Palissya* sp.

Самый молодой IV флороносный комплекс на юго-востоке Средней Азии встречается в толще грубообломочных (конгломераты, гравелиты) или песчаных пород, сложенных в средней части линзы алевролитов. Во многих районах эта флора является базальной, залегающей на породах палеозоя. Наиболее представительная флора IV комплекса установлена на Дарвазе (разрез Любимов) и на южном склоне Гиссарского хребта (разрезы Любимов и Бондарев). В гингской растительной ассоциации определены: *Equisetites asiatica* Brick, *T. vittata* sp., *Marattiopsis muensteri* (Goerr.) Schimp., *Todites princeps* (Presl) Goth., *Todites roessertii* (Zeiller) Oishi, *Todites* sp., *Coniopteris phillipsii* (Brongn.) Brongn., *Pityophyllum angustifolium* (Nath.) Moeller, *Palissya* sp.

Богатая флора, характеризующая IV комплекс, обнаружена в основании разреза Любимов. Нами определены: *Equisetites lateralis*, *Todites roessertii*, *C. sulcata* Brick, *C. subdenticulata* Tur.-Ket., *C. suluktensis* Brick, *Lobifolia lobifolia* (Phill.) Rasnitsyn et E. Lebed., *Sagenopteris* sp., *Nilssonia compta* (Phill.) Brongn., *V. inouyei* Yok., *N. orientalis* Heer, *Nilssonia* sp., *Taeniopteris asiatica* Brick ex Sixt., *Podozamites angustifolius* (Eichw.) Heer, *P. distans* (Presl) Braun, *P. lanceolatus* (Lindl. et Hutt.) F. Braun, *Elatides curvifolia* (Dunk.) Nath., *Pityophyllum angustifolium* (Nath.) Moeller, *P. lindstroemii* Nath., *Ginkgo huttonii*, *G. obrutschei*, *G. sibirica*, *Sphenobaiera czezanowskiana*, *Czezanowskia rigida*, *Podozamites angustifolius*, *P. distans*, *P. lanceolatus*, *Ferganiella weberi*, *Ferganiella princeps* (Presl) Goth., *T. roessertii* (Zeiller) Oishi, *T. williamsonii* (Brongn.) Sew., *Thaumatopteris elongata* Oishi, *T. hissarica* (Brongn.) Hirm. et Hoerh., *Hausmannia forchhammeri* Barth., *H. leiostachya* Sze, *Coniopteris porcina* Brick, *C. spectabilis* Brick, *Eboracia lobifolia* (Phill.) Thomas, *Sphenopteris gracillima* Heer, *Cladophlebis turkmenica* Tur.-Ket., *C. argutula* (Heer) Font., *C. delicatula* Yabe (Font.), *C. haiburnensis* (Lindl. et Brongn.) Nath., *C. stenolopha* (Brongn.) Nath., *C. subdenticulata* Tur.-Ket., *C. vassensis* Ward., *C. aff. vassensis* Ward., *C. whitbiensis* (Brongn.) Brongn., *C. williamsonii* (Brongn.) Brongn., *Cladophlebis* sp., *Sagenopteris phillipsii* (Brongn.) Presl, *Anomozamites* sp., *Pterophyllum uzbekistanica* Iminov, *Nilssonia acuminata* (Presl) Goerr., *N. dentata* Brick, *N. saighanensis* Sew., *N. tenuinervis* (Brongn.) Brongn., *Taeniopteris asiatica* Brick, *T. vittata* sp., *Marattiopsis muensteri* (Goerr.) Schimp., *Todites princeps* (Presl) Goth., *Todites roessertii* (Zeiller) Oishi, *Todites* sp., *Coniopteris phillipsii* (Brongn.) Brongn., *Pityophyllum angustifolium* (Nath.) Moeller, *Palissya* sp.

obovata, *Clathropteris* sp., *Hausmannia* sp., *Coniopteris hymenophylloides*, *C. pulcherrima*, *C. spectabilis*, *Cladophlebis aktashensis*, *C. argutula*, *C. denticulata*, *C. haiburnensis*, *C. nebbensis*, *Cladophlebis* sp., *Lobifolia lobifolia*, *Sagenopteris phillipsii*, *Anomozamites minor*, *Pterophyllum* sp., *Taeniopteris asiatica*, *Nilssonia acuminata*, *N. dentata*, *Ctenis gigantea*, *Ginkgo huttonii*, *Baiera concinna*, *Phoenicopsis angustifolia*, *Pityophyllum angustifolium*, *Elatides curvifolia*.

Анализ приведенных растительных ассоциаций позволяет обнаружить их отчетливое сходство. Характерными особенностями, определяющими этот комплекс, являются: преобладание многочисленных и разнообразных, преимущественно крупноперишковых *Cladophlebis*; постоянное присутствие 2—3 видов *Coniopteris*, *Eboracia* (*Lobifolia*); существенная роль (до 15—25 %) форм рода *Nilssonia*, представленных в фитоценозах 3—4 видами; резкое сокращение хвойных, почти полное исчезновение *Brachyphyllum* и *Pagiophyllum*; появление первых *Pityophyllum*.

В составе IV комплекса почти полностью исчезают цикадофиты *Anomozamites*, *Otozamites*, *Pterophyllum*; неокаламиты сменяются иногда довольно обильными *Equisetites*.

Ходжамастонская растительная ассоциация отличается повышенным содержанием разнообразных диптериевых и матониевых папоротников, характерных для II флороносного комплекса. В других местонахождениях эти папоротники развиты весьма незначительно. В флоре Южного Гиссара постоянно присутствуют малочисленные представители гингговых и чекановских.

На Дарвазе в разрезе по р. Шкельдара выявлена растительная ассоциация, представленная: *Equisetites lateralis*, *Todites williamsonii*, *Dictyophyllum* sp., *Coniopteris* sp., *Cladophlebis denticulata*, *C. nebbensis*, *Cladophlebis* sp., *Sagenopteris phillipsii*, *Anomozamites turkmenicus*, *Nilssonia serrata*, *Ginkgo ferganensis*, *Elatocladus* sp., *Pityophyllum nordenskioldii*. В ней доминируют представители *Cladophlebis* и *Nilssonia* при весьма незначительной роли хвойных и *Coniopteris*. По

характерным особенностям эта флора несомненно принадлежит к IV растительному комплексу.

В ряде районов юго-западных отрогов Гиссара в средней части базальной толщи обнаружены ассоциации ископаемых остатков макрофоссилий. Наиболее представительная из них установлена в разрезе Кампыртюбе (хр. Кугитангтау). Здесь определены: *Equisetites lateralis*, *Marattiopsis* sp., *Todites* sp., *Phlebopteris* sp., *Coniopteris hymenophylloides*, *C. spectabilis*, *Cladophlebis denticulata*, *C. haiburnensis*, *C. nebbensis*, *Eboracia lobifolia*, *Sagenopteris* sp., *Anomozamites* sp., *Ptilophyllum cutchense*, *Nilssonia acuminata*, *N. dentata*, *N. orientalis*, *Ginkgo sibirica*, *Czekanowskia rigida*, *Phoenicopsis angustifolia*, *Elatides* sp., *Podozamites* sp. По своим характерным особенностям эта флора отчетливо сопоставляется с IV комплексом. Более обедненные растительные ассоциации выявлены в разрезах Бахча (Яккабагские горы), Санджар (хр. Байсунтау) и Дибодом (хр. Сурхантау).

Итак, на основании приведенных данных можно сделать вывод о наличии в нижнеюрской толще четырех четко различаемых регионально развитых растительных комплексов. Флороносный комплекс I (папоротниково-хвойно-цикадофитовый) обнаруживает сходство с рэтским комплексом Памира [7] и Центрального Ирана [13], а также с флорой *Lepidopteris* Гренландии, Франкони (ФРГ) и Южной Швеции [1, 12]. Однако от всех перечисленных флор он отличается обилием хвойных, в первую очередь *Brachyphyllum* и *Pagiophyllum*, заметным сокращением *Pterophyllum*, увеличением папоротников и присутствием первых типично юрских форм *Coniopteris* и *Hausmannia*. Это позволяет нам датировать комплекс геттангом. Рассматриваемый папоротниково-хвойно-цикадофитовый комплекс сопоставляется с нижелейасовой флорой нижней подсвиты тохраджехской свиты Центрального Ирана [13]. По особенностям состава макрофоссилий (хвойно-цикадофитовая ассоциация) I комплекс сопоставляется с геттангской флорой Лотарингии и Южной Франции [1, 12], а также с флорой «переходных слоев» (геттангский ярус) Гренландии [7, 12].

Последние в стратотипических разрезах рэта и нижнего лейаса ФРГ (ФРГ) Южной Швеции отсутствуют, вследствие того что в это время имел место перерыв в осадконакоплении. Предположение Т. М. Гарриса о том, что в ряде районов Азии «переходная зона» с флорой «переходных слоев» развита более полно, теперь подтверждается фактическим материалом. Ранее I комплекс растений лейаса не выделялся. По-видимому, этот комплекс был выявлен по всему Памиро-Гималайскому поясу.

Во всех вышеуказанных районах Европейско-Синийской палеофлоры стической области растительные ассоциации контролируются фауной. В этих флорах преобладают цикадофиты, представленные в основном *Taeniopteris*, *Pterophyllum*, *Anomozamites*, *Otozamites*. Таким образом, выделяющим для флоры геттанга является доминирование цикадофитов и хвойных. Важная особенность — явление первых редких *Coniopteris* — представителей диптериевых, роль которых заметно возрастает в верхнегеттангской толще.

Во II комплексе (диптериевом) преобладают в тафоценозах диптериевые и матониевые папоротники. Ранее комплекс относился к рэту [14]. В последнее время большинство исследователей датируют его нижелейасом [2, 4, 5, 16]. В работе II комплекс сопоставлен с папоротниково-хвойно-цикадофитовым (I комплексом). В результате исследования доказана их разновозрастность и самостоятельность и региональное распространение. По систематическому составу II растительный комплекс отчетливо коррелируется с флорой *Thaumatopteris* Западной Европы. В этом необходимо отметить, что представляются не только роды папоротников, цикадофитов и хвойных, но и большое количество видов растений. Очевидно соотношение доминантных систематических групп растений.

Возраст флоры *Thaumatopteris* всеместно определяется как нижелейас. В хорошо изученном стратиграфическом разрезе Восточной Гренландии (залив Скоресби) угленосные отложения, содержащие данную флору, перекрываются морскими отложениями с аммонитами нижнего плинсбаха [1, 7, 12]. В окрестностях Нюрнберга (ФРГ) слои, заключающие флору *Thaumatopteris*, перекрываются морскими отложениями с аммонитами нижнего плинсбаха. В разрезах Венгрии на порогах, содержащих эту флору, залегают отложения с аммонитами верхнего плинсбаха, а на территории Румынии и Италии — с аммонитами плинсбаха. В названных регионах Европейско-Синийской области рассматриваемая флора отличается заметным преобладанием разнообразных и обильных по количеству отпечатков диптериевых, матониевых, а также мараттиевых и осмундовых (роды *Todites*, *Osmundopteris*). Во многих местонахождениях этих флор преобладают цикадофиты, представленные в основном *Taeniopteris*, *Pterophyllum*, *Anomozamites*, *Otozamites*. Таким образом, выделяющим для флоры геттанга является доминирование цикадофитов и хвойных. Важная особенность — явление первых редких *Coniopteris* — представителей диптериевых, роль которых заметно возрастает в верхнегеттангской толще.

установлены макроостатки: *Equisetites* sp., *Neocalamites* sp., *Marattiopsis muensteri*, *Phlebopteris polypodioides*, *Cladophlebis denticulata* C. haiburnensis, C. cf. kamenkensis, C. aff. sulukensis, *Taeniopteris tenuinervis*, *Nilssonia* sp., *Ginkgo lepidia*, *G. sibirica*, *Czekanowskia rigida*, *Phoenicopsis angustifolia*, *Pityophyllum lindstroemii*, *Podozamites lanceolatus*. Выше по разрезу залегают морские слои с аммонитами *Amaltheus margaritatus* домерского (позднеплинсбахского) возраста. Характерная особенность этого комплекса — обилие папоротников *Cladophlebis*. Второе место по встречаемости отпечатков занимают представители хвойных; цикадофиты редки.

Северокавказский комплекс обнаруживает заметное сходство со среднеазиатским III флористическим комплексом по основным признакам: преобладанию *Cladophlebis* и представителей хвойных. Несмотря на различия в систематическом составе плинсбахские флоры Италии и Северного Кавказа обладают почти всеми характерными признаками, присущими III среднеазиатскому растительному комплексу лейаса, т. е. последний довольно уверенно может быть отнесен к плинсбаху.

Флоры тоарского яруса, подтверждаемые морской фауной, в Европейской провинции весьма редки [2, 3, 12], что обусловлено развитием в большей части региона морских образований. Тоарская флора обедненного состава известна на Северном Кавказе (Кубань), где представлена *Cladophlebis denticulata*, *Coniopteris hymenophylloides*, *Ptilophyllum cutchense*, *P. acutifolium*, *Nilssonia orientalis*, *Ginkgo* sp. В общих чертах по соотношению компонентов она напоминает тоарский комплекс Средней Азии. В опорном разрезе Т. А. Сикстель [11] выделен аналогичный тоарский комплекс Средней Азии (хр. Кугитангтау), возраст которого подтверждался определениями остатков насекомых, пресноводных моллюсков и ракообразных.

Раннеюрский комплекс IV повсеместно перекрывается слоями, содержащими флору, в составе которой преобладают крупноперышковые кониоптерисы и кладофлебисы, а также разнообразные нильссонии. Это обсто-

ительство является характерным признаком аалена [2—5, 9—10]. Анализ флор тоара и аалена свидетельствует о близости этих комплексов по набору крупных таксонов. Изменяется соотношение доминирующих групп растений, заметно расширяется их видовой состав. Последнее отмечает и Т. А. Сикстель [11].

В Среднеазиатской провинции тоарская ассоциация выделяется условно (без подтверждения фауной). Она развита, как правило, в песчано-гравийных континентальных образованиях. Этот (IV) комплекс по соотношению растительных компонентов и набору форм растений в основном совпадает с тоарской флорой, выделяемой другими исследователями [2—5].

Анализ состава раннеюрской флоры Среднеазиатской провинции позволяет довольно уверенно говорить о развитии четырех самостоятельных разновозрастных комплексов, каждый из которых характеризуется не столько набором определенных видов растений, сколько соотношением крупных таксонов флор, доминирующих в растительных ассоциациях. Доминанты принадлежат транзитным группам растений, существовавшим, как правило, на протяжении эпохи, периода и т. д. Соотношение доминантов, характерное для каждого из выделенных комплексов, в других флорах мезозоя Европейско-Синийской области не повторяется, и этот признак можно считать основным при установлении возраста растительных комплексов. Определенное соотношение транзитных групп крупных таксонов растений обусловлено глобальными изменениями климата планеты в целом или в ее части (палеоботанической области). Присутствие одних и тех же видов в разновозрастных фитоценозах Европейской и Среднеазиатской провинций подтверждает единообразие климата и часто одинаковые условия произрастания лесов на территории палеофлористической области.

Предложенные критерии выделения ярусов в лейасе Средней Азии и выявленные черты каждого из растительных комплексов позволяют попарно расчленить континентальный разрез нижней юры. Следует отметить, что границы ярусов в континентальных

толщах довольно условны. Как правило, при их установлении учитывается комплекс литолого-фациальных признаков. Важную роль в установлении границ стратиграфических подразделений играет смена руководящих форм растений. Граница нижней средней юры в флороносных отложениях Средней Азии отчетливо проводится по появлению в разрезе обильных папоротников *Coniopteris*.

Приведенные данные показывают, что по палеоботаническим материалам можно достаточно уверенно выделять ярусы не только в средней юре, но и в лейасе. Для корреляции стратификации разрезов континентальных толщ определенную роль играет климато-стратиграфический метод [2, 9, 10 и др.]. Глобальные изменения климата влекут за собой смену растительных ассоциаций. Чем резче происходят климатические изменения, тем заметнее это отражается на растительных комплексах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вахрамеев В. А. Юрские и раннеюрские флоры Евразии и палеофлористическая провинция этого времени. М.: Наука, 1979. (Тр. ГИН, вып. 102).
2. Вахрамеев В. А. Ярусное расчленение юрской юры южных районов СССР по данным палеоботаники. — Сов. геология, 1969, № 8, с. 8—18.
3. Вахрамеев В. А., Васина Р. А. Нижняя юра и ааленская флоры Северного Кавказа. — Палеонтол. журн., 1959, № 3, с. 133.
4. Генкина Р. З. Стратиграфия юрских континентальных отложений Ферганского бассейна и палеоботаническое обоснование возраста. — Сов. геология, 1977, № 9, с. 79.
5. Генкина Р. З. Расчленение континентальных отложений верхнего триаса и юрских районов Средней Азии. — Сов. геология, 1979, № 4, с. 27—39.
6. Гомолицкий Н. П. Расчленение юрских континентальных отложений Средней Азии по данным палеоботаники. — Сов. геология, 1972, № 8, с. 124—130.
7. Добрускина И. А. Стратиграфическое расчленение флороносных толщ триаса и юры. М.: Наука, 1980.
8. Лучников В. С. Стратиграфия юрских отложений Дарваза. — Сов. геология, 1976, № 6, с. 38—49.
9. Лучников В. С. Проблема рэта в континентальных отложениях Средней Азии. — Сов. геология, 1976, № 11, с. 101—104.
10. Лучников В. С. Стратиграфия угленосных отложений юры Центрального Таджикистана. — Сов. геология, 1982, № 9, с. 11—14.

11. Опорные разрезы юрской системы Узбекистана и сопредельных районов/Под ред. О. И. Сергуньковой. Ташкент: Фан, 1969.
12. Палеозойские и мезозойские флоры Евразии и фитогеография этого времени/В. А. Вахрамеев, И. А. Добрускина, Е. Д. Заклинская, С. В. Мейен. М.: Наука, 1970. (Тр. ГИН, вып. 208).
13. Полянский Б. В., Сафронов Д. С., Сикстель Т. А. Верхнетриасовые и юрские отложения Юго-Восточного Ирана (Керманский район). — Бюл. МОИП. Отд. геол., 1975, т. 50, вып. 6, с. 5—15.

УДК 551.762(477.74)

Р. И. ЛЕЩУХ (ИГГГИ АН УССР), Б. М. ПОЛУХТОВИЧ (УкрНИГРИ)

Геологическая история Западного Причерноморья в юрский период

В Преддубруджском седиментационном бассейне, расположенном в пределах Западного Причерноморья и прилегающей акватории Черного моря, ограниченном с востока Одесским нагорьем, одним из основных направлений нефтегазопромысловых работ является изучение средне- и верхнеюрских, в том числе оксфордских рифогенных отложений и поиски в них залежей углеводородов [1]. Правильный выбор объектов поисков и повышение эффективности последних во многом зависят от детального изучения истории геологического развития, а также полноты и достоверности сведений об особенностях юрского седиментогенеза. В последние годы в самой прогнута части Преддубруджского прогиба скв. 2 (Червоноармейская площадь) впервые вскрыт наиболее полный и мощный разрез юрских отложений (3234 м). Ранее юрские отложения вскрывались скважинами в прибрежных частях прогиба, где их мощность не превышала 2300—500 м. Разрезы скважин достаточно уверенно коррелируются между собой, а в скв. 2 отмечается увеличение мощности разреза за счет более древних отложений средней юры.

Данные глубокого бурения в Западном Причерноморье, полученные в последние годы [2, 3], позволяют более детально и достоверно изучать юрский этап развития и условия седиментации в юрском морском бассейне. То обстоятельство, что юрские отложения вскрыты на значительную мощность, дает возможность наметить некоторые закономерности распространения и генезиса среднеюрских песчаников, а также высказать суждение, что среднеюрская толща представляет собой сложную дельтово-аванцельтовую постройку.

В юрский этап развития были унаследованы основные черты сложного структурного строения региона, характерные для палеозойско-мезозойского времени. Главную роль в геологическом развитии рассматриваемой территории сыграл тектонический режим ограничивающего складчатого сооружения — Южного Добруджского складчатого сооружения и в меньшей степени южного склона Украинского кристаллического щита.

14. Решения совещания по разработке унифицированных стратиграфических схем для Средней Азии. Ташкент: АН УзССР, 1959.
15. Сикстель Т. А. Флора рэта и лейаса Средней Азии и ее стратиграфическое значение. — В кн.: Доклады советских геологов к I Международному коллоквиуму по юрской системе (стратиграфия юрской системы). Тбилиси, 1962, с. 359—370.
16. Юрские континентальные отложения востока Средней Азии/М. М. Алиев, Р. З. Генкина, Е. Н. Дубровская, В. М. Никишова. М.: Наука, 1981.

В байосе — раннем кимеридже существовал бассейн с нормальным морским режимом. Осадки верхнего кимериджа — титона представлены образованиями субконтинентального лагунного и континентального генезиса. Юрское море Преддубруджья было составной частью Средиземноморского бассейна и связывало Крымско-Кавказскую область с Западной Европой. На определенных этапах здесь существовали отдельные сообщающиеся между собой бассейны северной окраины Тетиса или один обширный бассейн, входящий в состав Тетиса. Фауны юрских бассейнов являются в основном платформенными.

В юрском седиментационном цикле Преддубруджья выделяются три этапа: позднебайосский — раннебасетский, келловей-оксфордский и кимеридж-титонский, отличающиеся палеогеографическими условиями и соответственно литолого-фациальными комплексами. Фаунистически охарактеризованные отложения нижней юры, аалена и нижнего байоса здесь не обнаружены, хотя по предположениям ряда исследователей они могут присутствовать в наиболее погруженной части прогиба. Строение и состав нижней части юрской толщ также не установлены. Только скв. 2 (Червоноармейская площадь) при забое 3659 м вышла из верхнебайосских образований.

Отсутствие сведений о нижнеюрских и ааленских отложениях не позволяет восстановить историю геологического развития в это время. Нижняя юра вскрыта рядом скважин юго-западнее, в пределах Мизийской плиты, где по материалам бурения выделяют три толщ — пестроцветную (рэт — лейас), песчано-мергелистую (лейас — доггер) и карбонатную (мальм). Поэтому можно только предполагать, что раннеюрский — ааленский бассейн в пределах исследуемой территории, если и существовал, то видимо, на весьма ограниченном участке и сообщался относительно узким проливом с морем Восточной Добруджи, на территории которой в это время накапливалась мощная (до 1500 м) терригенная (дениз-тапенская) толща. В конце ранней — начале средней юры одновременно с восходящими движениями Север-

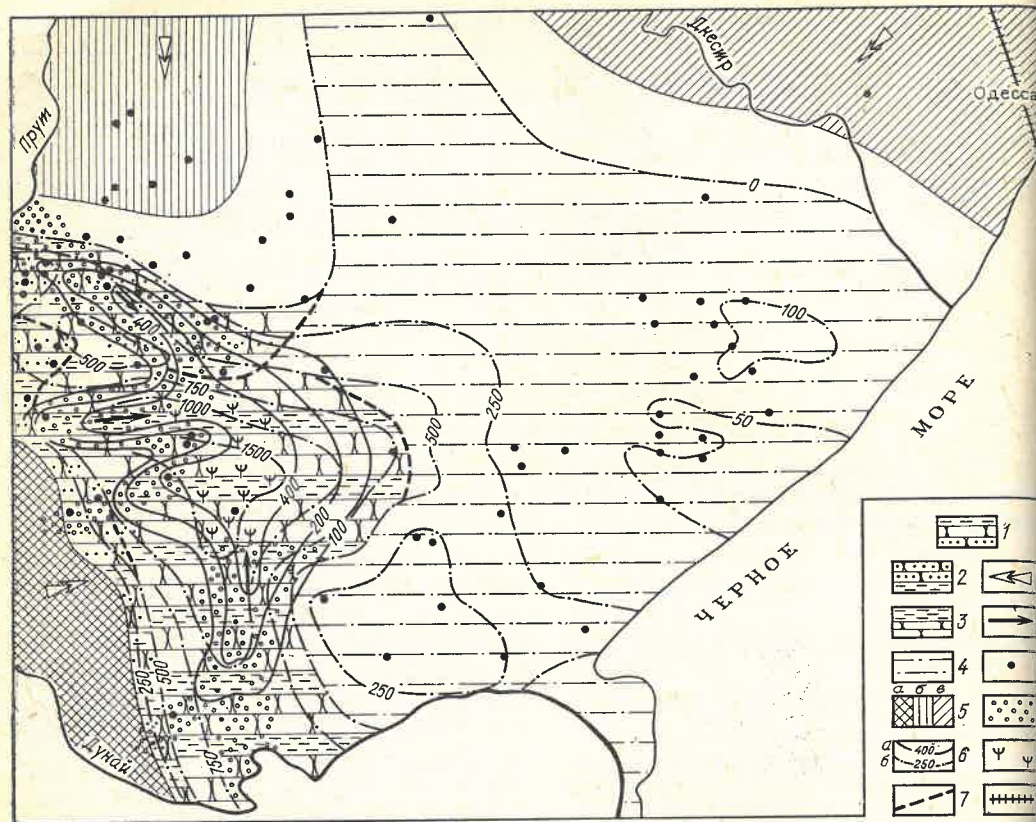


Рис. 1. Карта литофаций и мощностей среднеюрских отложений Западного Причерноморья

1 — преимущественно терригенные отложения северной прибрежной части бассейна; 2 — терригенно-глинистые образования южной прибрежной зоны бассейна; 3 — глинисто-терригенные породы дельты-авандельта; 4 — относительно глубоководные преимущественно глинистые отложения; 5 — области сноса (а — горная суша, б — возвышенная равнина, в —

ной Добруджи произошло погружение герцинского предгорного прогиба. Началась крупная трансгрессия моря со стороны Крымско-Кавказской области, развивающаяся с перерывами в течение почти всего средне- и позднеюрского времени. Более точно определить начало трансгрессии пока невозможно, так как точно не установлен возраст базальных слоев. Формировавшийся краевой прогиб занимал большую часть юга Днестровско-Прутского междуречья. В средней юре область устойчивого прогибания достигла линии Готешты—Баймаклия—Чадыр-Лунга—Сарата—Белгород-Днестровский. Опускание осуществлялось, вероятно, по разломам, ограничивающим с севера и юга Преддобруджский прогиб.

В средней юре общее погружение Преддобруджского седиментационного бассейна привело к распространению морских условий на всю его территорию и накоплению сначала базальных терригенных относительно мелководных морских, а затем преимущественно темноцветных известковистых глинистых отложений открытого моря с конкрециями сидерита. В некоторых участках прогиба фиксируется быстрое, практически почти мгновенное погру-

пенеппенизированная равнина; 6 — изопакхиты отложений, м (а — песчано-алевролитовых в разрезе средней юры, б — среднеюрских); 7 — вероятные границы литофаций; 8 — направления сноса обломочного материала; 9 — предполагаемые основные пути транспортировки терригенного материала; 10 — скважина; 11 — палеореки и их долины; 12 — область дельты-авандельта; 13 — Одесский разлом

жение дна бассейна: глинистые осадки трансгрессивно залегают на пермо-триасовых более древних образованиях.

Для среднеюрского этапа развития характерно интенсивное заполнение осадками западной части прогиба, чему способствовало, по мнению авторов, палеореки. Последние сливаясь образовали обширную область дельты-авандельта (рис. 1). Одной из них, по-видимому, система Палеоялпуга с токами. Область наибольшего прогибания максимальных мощностей отложений находилась вблизи юго-западного борта прогиба. Вынос палеореками относительно большого количества терригенного материала определялось распространением однотипных литофаций, резкие фацциальные замещения в простирании литофациальных зон.

Литологический состав среднеюрских отложений свидетельствует о том, что их аккумуляция была связана главным образом с размытием Мечин и нижнепрутской части горного сооружения Северной Добруджи, а также возвышенной равнины, располагавшейся на юго-западе рассматриваемой территории. В риферических частях бассейна отмечаются

наибольшие мощности и грубозернистость материала. Минеральный состав, хорошая сортировка зерен на востоке Преддобруджского прогиба указывают на то, что для этой части территории поставщиком терригенного материала служила прилегающая с северо-востока пенеппенизированная равнина. Она поставляла относительно небольшое количество тонкодисперсного материала, представленного продуктами разрушения кор выветривания палеозойских комплексов. Границы распространения преимущественно грубообломочных и преимущественно глинистых отложений достоверно не установлены.

Таким образом, среднеюрский комплекс можно рассматривать как крупную сложную дельтово-авандельтовую постройку, что подтверждается развитием в прибрежных участках косослоистых и неотсортированных песчанников, а также обилием обугленных растительных остатков, различного размера обломков древесины, листьев, чешуек, обрывков растительной ткани. Кроме того, встречаются включения гагатовидного угля.

Богатая и разнообразная типично морская фауна байосских отложений (известковистые фораминиферы, двусторчатые моллюски, реже аммониты) свидетельствуют о нормальной солёности бассейна и его тесной связи с Тетисом. Находки в низах этой части юрского разреза Преддобруджья остатков аммонитов родов *Parkinsonia*, *Nannolytoceras*, *Lissoceras* и *Garantiana*, а в верхах — представителей родов *Oppelia*, *Partschiceras* и *Eurystomiceras* позволяют уверенно датировать содержащиеся отложения поздним байосом, по-видимому, начиная со времени появления *Garantia garantiana* [7]. Байосские отложения постепенно сменяются батскими, составляя вместе с ними литологически единую толщу, особенно в восточной части исследуемой территории, где общая мощность среднеюрских пород не превышает 200 м.

В раннебатском веке в результате активизации в Преддобруджье отрицательных тектонических движений прогибание усилилось и песчано-алевролитово-глинистые отложения в западной и центральной части прогиба сменились более глубоководными пелитовыми осадками. В восточной же части осадки по своему характеру и составу фауны пелеципод и фораминифер близки к байосским, что говорит о некотором обмелении и, по-видимому, сокращении акватории батского моря. Источники терригенного материала оставались те же. Обнажение аммонитов (*Calliphylloceras*, *Eurystomiceras*, *Oppelia*), двусторчатых моллюсков (*Astarte*, *Anysocardia*), известковистых фораминифер (*Palaeomillolina*, *Spirophthalmidium*) указывает на продолжающуюся связь с бассейном Средиземноморской провинции [1, 2]. Наличие среди байос-батских аргиллитов желваков сидерита и рассеянного пирита свидетельствует о существовании восстановительных условий на стадии диагенеза.

На границе среднеюрской и позднеюрской произошло активизация тектонических движений. Она выразилась в сравнительно незначительном воздымании территории (за исключением, возможно, ее наиболее прогнутой части) и в некотором размыве нижнебатских отложений. Доказательством этого является

трансгрессивное залегание среднекелловейских пород на нижнебатских образованиях, а также находки в базальных слоях келловей перетолженной среднеюрской фауны.

В келловее—оксфорде вследствие интенсивного воздымания зоны Мечин Северной Добруджи бассейн несколько перемещается к северо-востоку, мелет. Иногда он соединяется с Предкарпатским и Крымско-Кавказским морями. Кроме того смешанный характер фауны указывает на его связь с бассейнами Средиземноморской и Среднеевропейской провинций. В келловейский век накапливались карбонатные, реже глинистые и песчаные осадки. Находки в них остатков брахиопод и морских ежей свидетельствуют о нормальной солёности и сравнительно мелководном характере бассейна.

В пределах рассматриваемого района (рис. 2) в оксфорде—раннем кимеридже устанавливаются следующие типы осадочных образований (с юго-запада на северо-восток): 1) крупнообломочные породы узкого мелкого шельфа со слабоокатанными гальками красных гранитов Добруджского горного сооружения; 2) относительно глубоководные, в основном шоколадные и зеленовато-серые глинистые отложения мелководного моря; 3) фронтальные образования барьерного рифа, представленные конгломератовидными известняковыми конгломератобрекчиями, сформировавшимися в результате разрушения внешней части рифового массива; 4) рифовые образования, развитые вдоль края шельфа; 5) зарифовые перекристаллизованные биостромовые органогенно-детритовые известняки внешней зоны шельфа непосредственно за барьерным рифом; 6) биогермные органогенно-детритовые пелитоморфные известняки срединной шельфовой равнины; 7) биогермные органогенно-детритовые микрозернистые известняки, реже карбонатные хлидолиты с гнездами и прослоями гипсов прибрежной части шельфа, местами переходящего в замкнутые лагуны.

Дифференциация оксфордских—нижнекимериджских образований Преддобруджского прогиба обусловлена в основном палеотектоническими, а также палеоклиматическими и палеогеографическими факторами. Судя по мощности отложений (1200 м), опускания в оксфорде—раннем кимеридже были сравнительно умеренными. Максимальная амплитуда их отмечалась в юго-западных районах. Преобладающий карбонатный состав отложений и развитие органогенных построек могут свидетельствовать о существовании обстановки, типичной для морей с современным активным рифообразованием. Органогенные тела формировались в условиях резко сокращенного приноса терригенного материала с расположенной на северо-востоке пенеппенизированной платформенной суши. Исключением являлся юго-западный борт прогиба, в пределы которого с суши поступал грубообломочный материал, препятствовавший формированию рифогенных построек.

Локализация органогенных построек контролировалась зоной ступенчатых разломов и конседиментационных поднятий (Готештское, Баймаклийское, Баурчинское и др.). Оксфордский рифовый массив Преддобруджья является частью системы позднеюрских барьерных

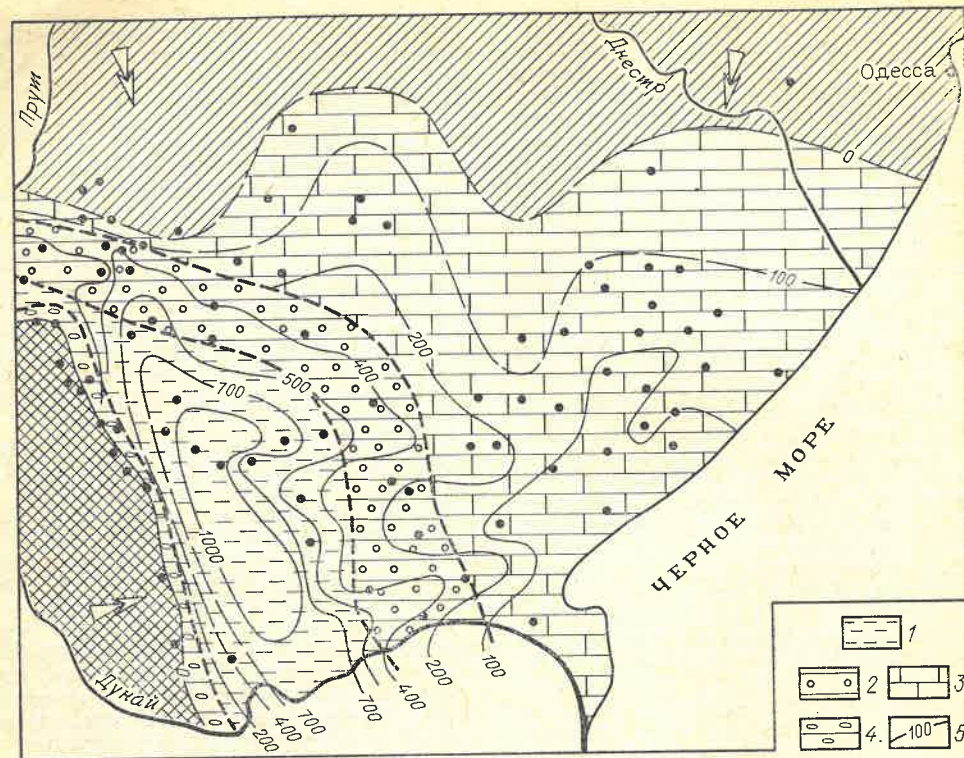


Рис. 2. Карта литофаций и мощностей келловей-оксфордских отложений Западного Причерноморья 1 — относительно глубоководные преимущественно глинистые отложения; 2 — рифогенный комплекс; 3 — преимущественно карбонатные образования шельфов

рифов, протягивающихся от Западной Европы через Предкарпатье и Добруджу в Горный Крым и на Северо-Западный Кавказ [4]. В рифогенных известняках наблюдается изобилие одиночных, кустистых и колониальных кораллов *Tamnastraea* sp., *Noetetiopsis* sp., *Cladophyllia* sp., указывающих на нормальную соленость, мелководный характер моря с хорошей аэрацией и значительной подвижностью вод. Появление в разрезе магниальных карбонатов говорит об аридизации климата.

В позднем киммеридже—титоне палеогеографическая обстановка и характер осадконакопления существенно изменяются (рис. 3). Наряду с аридизацией климата происходят общая регрессия моря и полное осушение территории (в конце киммериджа). В пределах бассейна на фоне несколько замедленного прогибания формируются терригенно-эвапоритовый, а затем красноцветно-терригенный комплексы. Существовавший здесь в оксфорде—раннем киммеридже барьерный риф, вероятно, на отдельных участках, отделял эвапоритовый бассейн от морского и способствовал накоплению мощных (500—600 м) толщ гипса, ангидрита и каменной соли.

Кроме того, органические постройки обусловили рельеф дна и существенно повлияли на очертания бассейна галогенной седиментации, расчленив его на две полузамкнутые впадины. В восточной впадине накапливались гипсы, ангидриты, реже глины, а в западной — преиму-

вой равнины; 4 — терригенные крупнообломочные породы южной прибрежной части бассейна; 5 — изопакты келловей-оксфордских отложений, м; остальные усл. обозн. см. рис. 1

щественно каменная соль и прослои гипса, ангидритов, известняков и глин. Преобладающий красный цвет киммеридж-титонских осадков, присутствие хемогенных карбонатов сульфатов, бедный комплекс макрофаун (Corbula sp., Astarte sp., Nerinea sp.) и форминифер (*Pseudocyclammina ukrainica* D. и *Ammobaculites* sp.) говорят об усиливающейся аридизации климата и увеличивающейся солености морского бассейна.

Таким образом, как видно из анализа геологической истории, проявившиеся в байосетское время в Северной Добрудже восходящие движения сопровождались формированием киммериджского прогиба, унаследованного в общих чертах контуры герцинского прогиба. В позднелюрскую эпоху поднятия складчатой области и компенсационного опускания прилегающих с северо-востока районов снизились. Краевой прогиб трансформировался в более пологую структуру и в восточной части приобрел черты предгорного. К концу от Одесского разлома в юре произошел замыкание орогенных прогибов и началось разование складчатой области.

Детальное восстановление геологической истории Западного Причерноморья в юрский период позволило выделить в среднеюрской и позднелюрской зонах развития горизонтов песчаных и глинистых, обладающих удовлетворительными емкостными и фильтрационными свойствами. Основной из них — базальный горизонт,

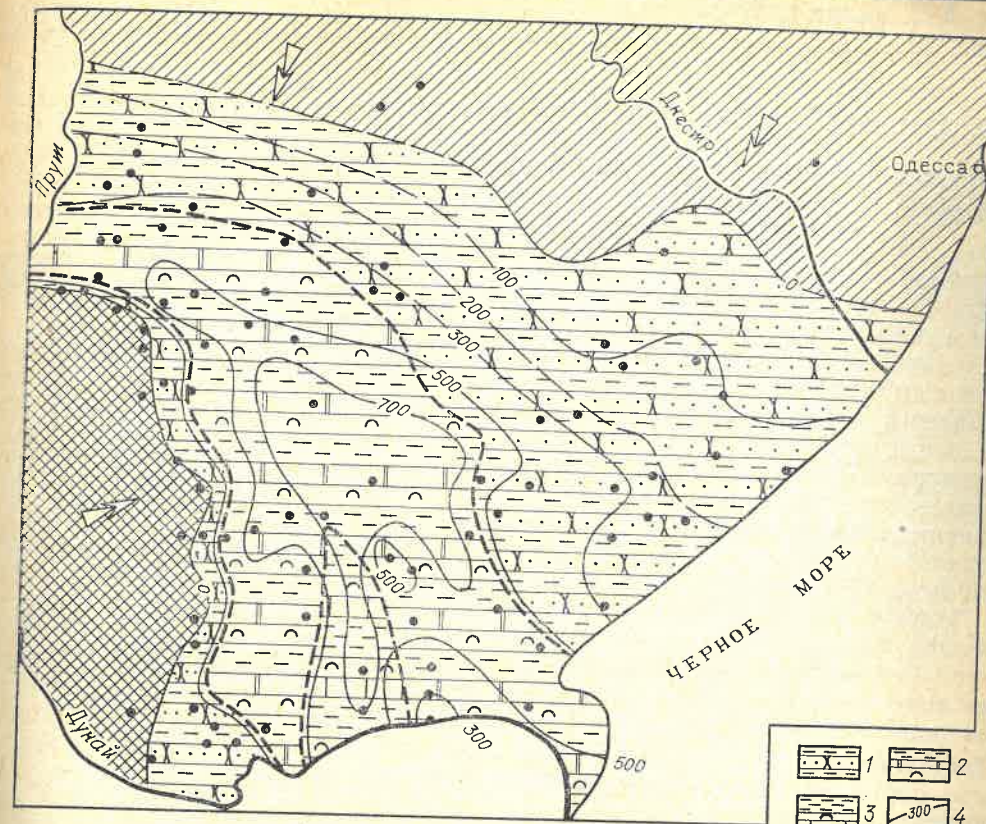


Рис. 3. Карта литофаций и мощностей киммеридж-титонских отложений Западного Причерноморья

1 — континентальные и прибрежные мелкозернистые пестроцветные терригенно-глинистые отложения; 2 — изопакты киммеридж-титонских отложений, м; остальные усл. обозн. см. рис. 1

раскрытия которого на Алуатской площади отмечались газопрооявления [6]. Уточнение литофашиальной зональности оксфордских отложений позволило установить закономерности распространения позднелюрских барьерных рифов [4]. В связи с изложенным представляется возможным наметить два основных направления поисково-разведочных работ на нефть и газ: а) поиски залежей углеводородов, приуроченных к терригенным коллекторам средней и базальной пачке; б) поиски нефтяных и газовых месторождений, связанных с рифовыми массивами оксфорда и раннего киммериджа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богаец А. Т., Полухтович Б. М., Хныкин В. И. Перспективы поисков залежей углеводородов в юрских отложениях Западного Причерноморья. — В кн.: Перспективы развития поисково-разведочных работ в нефтегазовых регионах Украины. Львов, 1982, с. 21—29.
2. Дулуб В. Г., Лещух Р. И., Полухтович Б. М. К стратиграфии юрских отложений Преддобруджского прогиба. — Геол. журн., 1985, т. 45, № 5, с. 74—79.
3. Лещух Р. И., Полухтович Б. М. История геологического развития Западного Причерноморья и прилегающей акватории в юр-

ния, пестроцветные терригенно-глинистые отложения; 3 — лагунные сульфатно-галогенно-терригенные породы, пестроцветные терригенно-глинистые отложения; 4 — изопакты киммеридж-титонских отложений, м; остальные усл. обозн. см. рис. 1

ское время. — В кн.: Стратиграфия и литология мезозойско-кайнозойского чехла Мирового океана. М., 1984, с. 163—164.

4. Особенности развития верхнеюрских карбонатных и сульфатно-галогенных образований юго-восточной части Преддобруджья/Б. М. Полухтович, Е. В. Самарская, А. Д. Самарский, В. И. Хныкин. — В кн.: Proceeding reports of the XIII-th Congress of KBGA. Poland, Cracow, September 5—10, 1985, p. 1, p. 442—446.
5. Панченко Д. Е. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности юго-запада Украины и Молдавии. Киев: Наук. думка, 1965.
6. Полухтович Б. М. Стратиграфия и история геологического развития южной части Днестровско-Прутского междуречья (в связи с перспективами нефтегазоносности). Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Харьков, 1970.
7. Романов Л. Ф. Мезозойские пестроцветы Днестровско-Прутского междуречья. Кишинев: Штиинца, 1976.
8. Слюсарь Б. С. Юрские отложения северо-западного Причерноморья. Кишинев: Штиинца, 1971.
9. Шлезингер А. Е. Структура Добруджи и Преддобруджского прогиба. — Бюл. МОИП. Отд. геол., 1968, т. 13, вып. 2, с. 36—52.



УДК 551.243 (575.21-13)

А. Ю. СОЛОВЬЕВ (ГИН АН СССР)

Тектонофациальный анализ Сугутского блока (Восточный Алай)

Сугутский блок расположен в пределах Восточно-Алайского хребта Южного Тянь-Шаня. Породы, слагающие его, сильно дислоцированы, преобразованы до различных ступеней зеленосланцевого метаморфизма. В настоящее время нет единого мнения о его структуре. В предлагаемой статье впервые делается попытка подойти к решению данного вопроса с помощью тектонофациального анализа, предложенного в 70-е годы Е. И. Паталахой [5, 7]. Необходимо отметить, что применение этого метода в связи с металлогеническими исследованиями открывает возможность структурного прогноза полезных ископаемых.

Тектонофаии — это естественные ряды пород по степени деформированности с характерными для них структурными парагенезисами. Тектонофаиальный анализ базируется на положении о тесной связи складок, разрывов и кливажа, образующих парагенетическое единство, специфичность которого определяется термодинамическими условиями. Главным является установление последовательного ряда структурных парагенезисов, отвечающих естественному ходу эволюции природного дислокационного процесса. Е. И. Паталахой в земной коре выделяются три зоны (эпизона, мезозона, катазона), которые можно сопоставить с зонами глубинности Н. У. Грубенмана и П. Ниггли [2]. Зоны выделяются по характеру и условиям преобразования вещества в земной коре. Эпизоне, мезозоне и катазоне соответствуют определенные тип складчатости и механизм течения вещества, которые в обобщенном виде представляются следующим образом. Эпизоне соответствуют гравитационная (оплывания и всплывания) и отраженная складчатость, гидростатический и изгибный механизмы течения вещества; мезозоне — шовная складчатость, кливажный механизм течения;

катазоне — гравитационная складчатость, кристаллизационно-сланцеватый механизм течения.

Принципиально новое в концепции Е. И. Паталахи — приразломное сдвиговое ламинарное течение, являющееся ведущим механизмом смятия толщ, который реализуется совместно со смещением и поворотом блоков в разломе. Наиболее полно методика тектонофаиального анализа разработана применительно к мезозоне кливажного течения. Для нее дается тектонофаиальная шкала [7], составляющая основу анализа. Шкала представляет собой результат обобщения геологического и экспериментального материала, который приводился в литературе в течение последних десятилетий. Е. И. Паталахой и группой сотрудников установлена закономерность в эволюции главного структурного парагенезиса слоисто-складчатых толщ, позволяющая с учетом литологического состава и других факторов выделять десять тектонофаий (I—X), объединяемых в три тектоноформации: А — низшую, В — среднюю, С — высшую. Шкала включает 22 признака (диагностических элемента) тектонофаий, в совокупности характеризующих особенности метрии (кинематики) деформации и в конечном итоге — степень деформированности пород.

В целом тектонофаиальный анализ развивается в трех методических вариантах: профильный обзорный, площадной обзорный и площадной детальный [6]. Последний вариант, предусматривающий детальную тектонофаиальную съемку, в сочетании с геологическим картированием использован автором при изучении тектонической структуры Сугутского блока.

Сугутский метаморфический блок располагается в центральной части Ферганской сигмиды, где широты простирания тянь-шаньских струк-

сменяются субмеридиональными. В отношении структурного положения метаморфических сланцев сугутской серии существует несколько точек зрения. Г. С. Поршняков [8] считает, что они размещаются в ядре Терекдаванского синклиория, в зоне встречных поддвигов. Здесь они сильно рассланцованы и надвинуты на среднепалеозойские терригенно-вулканогенные и карбонатные породы. А. Е. Довжиков и др. [3] отмечают, что метаморфический комплекс приурочен к осевой зоне так называемого антивергентного инверсионного поднятия — антиклиория — с внутренней синклинальной структурой. В. С. Буртман [1] рассматривает метаморфический блок в составе верхнего покрова герцинских лептогеосинклинальных вулканогенно-терригенных отложений. Из всего сказанного следует, что Сугутский блок находится в южной осевой части Терекдаванской синформной структуры, где он занимает самое высокое структурное положение. Сугутский метаморфический комплекс имеет синклинальное строение, особенно отчетливо выраженное в его центральной части и на севере в области центриклинального замыкания структуры. На юго-западе структура вырождается в моноклиналь с падениями слоев на северо-запад.

Разрез комплекса метаморфических сланцев сугутской серии (S² sg) характеризуется следующим строением. В основании отмечается кремнисто-терригенная толща мощностью до 250 м, выше согласно залегают вулканические породы преимущественно основного состава, представленные диабазовыми порфиритами и их туфами (1 км). Венчают разрез терригенные, в самых верхних частях терригенно-карбонатные отложения, представленные песчаниками, алевролитами, глинистыми сланцами и слоями известняков (около 1 км). Все три толщи преобразованы от катагенеза до различных ступеней зеленосланцевого метаморфизма и превращены в различные по составу пара- и ортосланцы. Метаморфический комплекс обрамляют терригенные породы терекской свиты нижнего карбона (C₁tk), представленные песчаниками, алевролитами, глинистыми сланцами и про-

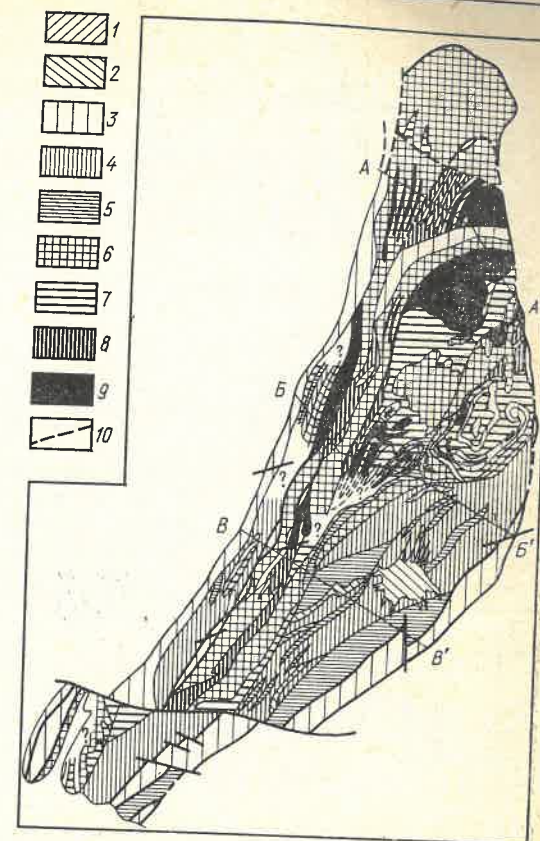


Рис. 1. Тектонофаиальная схема Сугутского блока 1—9 — тектонофаии, по Е. И. Паталахе [7]: 1 — I, 2 — IV, 3 — V—VII (нерасчлененные), 4 — V, 5 — VI, 6 — VII, 7 — VIII, 8 — IX, 9 — X; 10 — разломы; А—А', В—В', В—В' — линии разрезов

слоями гравелитов, которые входят в состав калмакасуйского (на западе) и терекдаванского (на востоке) типов разрезов.

Зеленосланцевый комплекс соответствует мезозоне с неравномерным по интенсивности метаморфизмом в пределах зеленосланцевой фации. Вследствие неравномерности метаморфизма в структуре Сугутского блока в пределах мезозоны отмечаются участки локального усиления метаморфизма до амфиболитовой фации со структурами кристаллизационной сланцеватости, отвечающие катазоне. В этих участках первичная слоистость полностью утрачена, наблюдается метаморфическая кристаллизационная сланцеватость, а местами — полосчатость. Причем участки катазоны нередко появляются выше участков развития мезозоны, несмотря на общую непрерывность геологического разреза. Од-

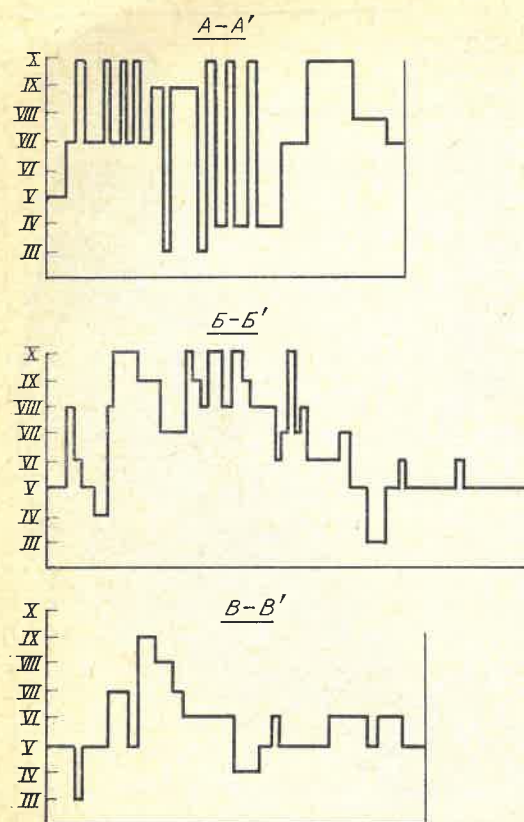


Рис. 2. Гистограммы тектонофацй по разрезам А-А', Б-Б', В-В'

нако это не ограничивает возможности применения используемой методики, а способствует ее дальнейшему совершенствованию.

Породы Сугутского блока нарушены системой вязких разрывов различной морфологии преимущественно северо-восточного простирания, которые делят территорию на продольные разного размера пластинчатые блоки. Для образований метаморфического комплекса характерно неравномерное проявление деформаций по разрезу и латерали. На основании господствующего крутого падения элементов слоистости, крутопадающего, а чаще полойной морфологии выделяются породы, деформированные в пределах от III до X тектонофацй. Вязкие разрывы (R), кливаж (S₂) и складки с осевыми плоскостями (ab) образуют главную структурную триаду (R||S₂||ab). Кроме того фиксируются и картируются отдельные складки, зоны приразломного смятия с разнообразными на-

борами структурных элементов. Все это позволяет проводить тектонофацйальный анализ путем картирования с выделением различных по степени деформации участков. Нами использовались выраженные в различной степени мезо- и микропризнаки.

К основным диагностическим признакам при выделении тектонофацй наиболее четко выраженным в исследуемом районе, относятся кливаж и его соотношения со слоистостью; толщина пластинок (микролитонов), на которые кливаж делит породы; трещины; жилы альпийского типа; линейность; структуры будинажа; текстуры и структуры пород в шлифах. В тех случаях, когда отдельные признаки выражены неполно, об их существовании приходится догадываться по фрагментарным наблюдениям.

С помощью тектонофацйального анализа Сугутского блока составлена схема (рис. 1), иллюстрирующая неравномерность проявления деформаций в породах, что обусловлено развитием пластического течения, которым охвачен разрез метаморфического комплекса. Наши материалы согласуются с данными, полученными В. Г. Кобылиным и М. Г. Леоновым [4], которые первостепенную роль при формировании Сугутского блока отводят процессам горизонтального течения и перераспределения вещества. Структурная неравномерность по характеру сочетания тектонофацй отличается контрастностью, о чем свидетельствует резкое изменение значений тектонофацй на гистограммах (рис. 2). Полосатый, «зебровый», рисунок тектонофацй отражает неравномерность в развитии деформаций Сугутского блока.

В заключение сформулируем следующие выводы.

Сугутский метаморфический блок по данным тектонофацйального анализа, отвечает кливажному мезозону и представляет собой сложное сочетание перемещенных относительно друг друга (проскальзывающих) пластинчатых блоков, которые ограничены наклонными (до 60°, местами до 20°) вязкими разрывами — зонами пластического течения вещества. Контрастность в распределении тектонофацй указывает на интенсивные процессы

неравномерного вязкого течения толщ при формировании структуры. При этом первичный облик пород, мощность и внутреннее строение слоев претерпели глубокие деформационные преобразования. В результате этих процессов слагающие Сугутский блок породы в значительной степени деформированы, мощности толщ резко изменяются по простиранию. Сложный характер вновь возникших в процессе деформации структур затрудняет их расшифровку, прослеживание на местности и отображение на карте или разрезе. Наиболее приемлемым методом для изображения сложноскладчатой структуры Сугутского блока является тектонофацйальный анализ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буртман В. С. Структурная эволюция палеозойских складчатых систем. М.: Наука, 1976.



МИНЕРАЛОГИЯ, ПЕТРОГРАФИЯ, ЛИТОЛОГИЯ

УДК [552 : 553.22] : 551.71/.72 (571.56)

Л. Б. МАКАРЬЕВ, А. П. ЧУХОНИН, Г. В. ДИТМАР (ВСЕГЕИ)

Формационные ряды докембрийских метасоматитов западной части Алданского щита

Докембрийский метасоматизм широко проявлен в западной части Алданского щита — на архейском Чарском поднятии и в раннепротерозойском Кодаро-Удоканском прогибе [14]. Описываемый регион испытал значительные геологические преобразования, в том числе многократную гранитизацию, в течение следующих позднедокембрийских этапов геологического развития: позднеархейского — раннепротерозойского протогоеосинклинального, раннепротерозойского протоорогенного — протоактивизационного*. Все это позволяет рассматривать данную территорию в качестве эталонной для решения актуальных задач при изучении докембрийского метасоматизма и связанного с ним оруденения, а именно:

* Определение режимов геологического развития дается по работам [6, 18].

2. Грубенман Н. У., Ниггли П. Метаморфизм горных пород. М.—Л.: Госгеолгиздат, 1933.
3. Довжиков А. Е., Иванов Г. В., Кнауф В. В. Структурное положение и возраст зеленосланцевых толщ Южного Тянь-Шаня. — Сов. геология, 1984, № 3, с. 71—76.
4. Кобылин В. Г., Леонов М. Г. К проблеме происхождения Восточно-Алайской синтоиды. — Докл. АН СССР, 1985, т. 282, № 3, с. 675—679.
5. Паталаха Е. И. Генетические основы морфологической тектоники. Алма-Ата: Наука, 1981.
6. Паталаха Е. И., Лукиенко А. И., Дербенев В. А. Тектонофацйальный анализ — детальный вариант. — Изв. АН КазССР. Сер. геол., 1984, № 5, с. 19—24.
7. Паталаха Е. И. Тектонофацйальный анализ складчатых сооружений фанерозоя (обоснование, методика, приложение). М.: Недра, 1985.
8. Поршняков Г. С. Герциниды Алая и смежных районов Южного Тянь-Шаня. М.: Изд-во ЛГУ, 1973.

установления пространственно-временных связей гидротермально-метасоматических формаций (ГМФ) с полихронными докембрийскими гранитоидными комплексами (формациями); изотопного датирования докембрийских метасоматитов, родственных гранитоидов и сопряженной рудной минерализации;

уточнения формационных уровней рудообразования в рядах ГМФ.

Решение перечисленных задач имеет большое значение как для специальных металлогенических построений, так и для регионального металлогенического анализа — прогнозной оценки территории на различные типы эпигенетического докембрийского оруденения. Актуальность этих исследований особо подчеркивалась при определении комплекса геологических проблем изучения региона БАМ [3].

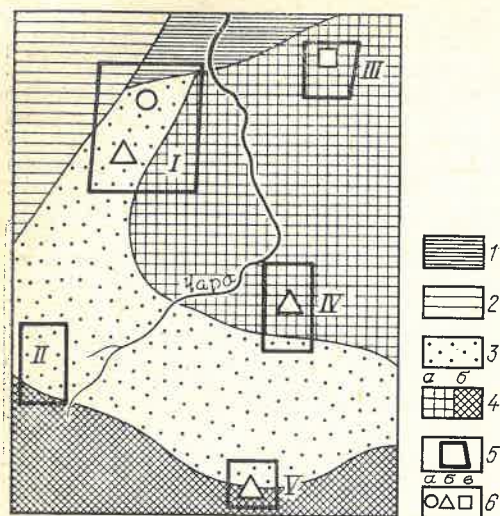


Схема расположения опорных районов
1 — плита Сибирской платформы; 2 — Байкальская складчатая область; 3 — раннепротерозойский Кодаро-Удоканский прогиб; 4 — архейские Чарское (а) и Каларское (б) поднятия; 5 — опорные районы: I — Ничатский, II — Сюльбанский, III — Ималыкский, IV — Курунг-Уряхский, V — Катугинский; 6 — возраст метасоматитов (млн. лет): а — 1700—1750, б — 2000, в — около 2400

В основу предлагаемой работы положены материалы авторов по Ничатскому [7], Сюльбанскому и Ималыкскому районам, данные А. Г. Рублева и В. Г. Борисова по Курунг-Уряхскому району, а также данные по району Катугинского месторождения редких металлов в докембрийских кремнещелочных метасоматитах [1, 10, 13]. Большинство из перечисленных районов принадлежат непосредственно к раннепротерозойской Кодаро-Удоканской зоне или расположены в ее периферических частях. Ималыкский район охватывает площадь развития позднеархейских образований Чарского поднятия (рисунок).

Детальные геолого-структурные, минералого-геохимические и петрографические исследования выполнены в соответствии с требованиями по картированию гидротермально-метасоматических образований [9]. Их систематизация проведена в иерархической последовательности [2, 12]: метасоматит → фашия → формация → группа сопряженных формаций, или формационный (формационно-генетический) ряд [2]. Последние объединяют продукты конкретных гидротермальных циклов, соответствующих определенным эта-

пам тектоно-магматического цикла [5].

Отбор проб для изотопного датирования, их аналитическая обработка и интерпретация полученных результатов проведены в соответствии с методическими рекомендациями [4, 8]. К-Аг геохронометрические определения выполнены А. Г. Рублевым по монофракциям породообразующих минералов, Rb-Sr определения — Г. А. Муриной и П. Б. Лебедевым изохронным методом по образцам породы в целом. Для датирования цирконов использованы результаты изотопного масс-спектрометрического анализа их свинца методом термоионной эмиссии [17]. Названная методика позволяет получать ограниченную по сравнению с данными традиционного U-Th-Pb метода информацию — лишь Pb-Pb изотопное отношение, которое соответствует возрасту циркона только в случае полной замкнутости его U-Pb системы или нарушения этой замкнутости в сравнительно недавнее время. Для оценки достоверности получаемых результатов могут применяться как общепринятые критерии (соответствие между геохронологическими данными и геологическими наблюдениями, совпадение для одного объекта результатов исследования разных изотопно-геохимических систем), так и критерий внутренний (конкордантность значений возраста по нескольким пробам циркона или разнородностям циркона одной пробы, различающимся по степени сохранности структуры). Практическая невозможность завышения значений возраста позволяет интерпретировать полученный результат как минимальный по абсолютному значению возрастной пределе исследованной породы.

На рассматриваемой территории выделены три ряда докембрийских ГМФ, включающих кремнещелочные метасоматиты определенного возраста и рудно-геохимической специализации.

Протоактивизационный фельдшпатолит - грейзен - щелочнопропилит - березитовый ряд (табл. 1) наиболее полно представлен в Ничатском Сюльбанском районах Кодаро-Удоканской зоны (см. рисунок). Он включает гидротермально-метасоматические образования фельдшпатолитовой, грей-

Схема формационной типизации докембрийских гидротермально-метасоматических образований и их металлоносность

Таблица 1

Этапы геологического развития	Ряды ГМФ	Формация	Субформация, фашия	Возраст, млн. лет	Рудно-геохимическая специализация
Раннепротерозойский	Протоактивизационный фельдшпатолит-грейзен-щелочнопропилит-березитовый	Березитовая	Кварц-серицитовая	—	Cu, Mo, Pb (Ag, As, Bi, Zn и др.)
		Щелочнопропилитовая	Натриевых (амфибол- и цоизит-полевошпатовых) пропилитов	—	Mo, P, Y, Nb, PM (Pb, Ag, As, Zn, V, Cu и др.)
			Калиевых (слюдистых) пропилитов	—	
		Грейзеновая	Кварц-мусковитовая	1690	(Mo, Sn, Rb, Cs, PM, Mu)
		Фельдшпатолитовая (кварц-альбит-микроклинов-метасоматитов)	Микроклиновитовая, микроклин-альбитовая	1740	Mo, P, Nb, Y, PM (Sn, Zr, Ce, La, Sc, Rb, Cs)
	Протогеосинклинальный фельдшпатолит-кварц-глиноземистопропилитовый	Пропилитовая	Эпидотовых пропилитов	—	(Cu, Fe?)
			Биотитовых пропилитов	1970	Zr, Ce, La, Y, Nb, PM (± Mo, Pb, As, Cr и др.)
		Кварц-глиноземистая	Кварц-силлиманитовая	—	Al
		Фельдшпатолитовая*	Альбит-микроклиновая	2000—2050	TR, PM
			Плагиоклаз-калишпатовая	2000	Zr, Ce, La (PM)
Позднеархейско-раннепротерозойский	Протоэвгеосинклинальный	Фельдшпатолитовая** (кварц-плагиоклаз-ортоклазовых метасоматитов)	Плагиоклазитовая, плагиоклаз-ортоклазовая	2400—2500	(Zr, TR, PM)

* В том числе известковистые и магнезиальные скарноиды.

** В том числе магнезиально-железистые скарны и скарноиды. Принятые сокращения: PM — редкие металлы, Mu — мусковит.

зеновой, щелочнопропилитовой и редуцированно проявленной березитовой ГМФ, обнаруживающие генетическую (фельдшпатолиты, грейзены) и парагенетическую связь с раннепротерозойской субщелочногранитовой формацией ничатского комплекса. Перечисленные ГМФ развиты в региональных тектоно-метасоматических и (или) внутри-околоинтрузивных зонах объемного катаклаза с периферическими фельдшпатолит - щелочнопропилитовыми и центральными грейзеновыми (с локальными телами серицитовых березитов) ореолами. Ширина ореолов фельдшпатолит-щелочнопропилитовых изменений 5—6 км в пределах как линейных приразломных зон (Сюльбанский район), так и концентрических околоинтрузивных систем (Ничатский район). В региональном плане протоактивизационные ГМФ приурочены к краевым и внутренним частям Кодаро-Удоканского прогиба.

Практически все образования данного формационного ряда геохимически специализированы на определенные элементы. Фельдшпатолиты и грейзены содержат молибден, иттрий, рубидий, олово и другие редкие металлы. Щелочные мусковит (серицит)-биотитовые и полевошпат-амфиболовые пропилиты отличаются халькофильной (сульфидно-редкометальной), а березиты — существенно халькофильной специализацией (см. табл. 1). Практический интерес могут представлять проявления апатита и молибденита в ассоциации с другими редкими металлами в фельдшпатолитах и щелочных пропилитах, медно-молибденовой и сульфидно-кварцевой минерализации в березитизированных породах и березитах. По аналогии с Прибайкальем грейзеновая ГМФ перспективна на обнаружение щелочноредкометальных концентраций.

Геохронометрические результаты, полученные для гранитоидов ничатского комплекса разными методами по разным геохронометрам (табл. 2), практически совпадают в пределах аналитических погрешностей, что с наибольшей вероятностью свидетельствует об образовании Ничатского массива (петротипа рассматриваемого комплекса) 1850—1800 млн. лет назад. По цирконам из биотит-кварц-микро-

клинового метасоматита и грейзенизированного гранита возраст фельдшпатолитовой и грейзеновой ГМФ определяется в 1740—1690 млн. лет, что согласуется с возрастом материнских гранитоидов. Результаты типологического исследования цирконов из гранитоидов и метасоматитов по методике Ж. Пюэна [19] позволяют оценить температуру их кристаллизации в 550—600 °С. Эти оценки совпадают с традиционными определениями по другим геотермометрам для кварц-альбит-микроклиновых метасоматитов [15]. Формационным аналогом рассмотренных образований являются разновозрастные редкометальные метасоматиты прибайкальского типа (1740 млн. лет), сопряженные с гранитоидами ирельского комплекса (1860 млн. лет) [16].

Протогеосинклинальный фельдшпатолит - кварц - глиноземисто - (пропилитовый) ряд объединяет сопряженные гидротермально-метасоматические образования, парагенетически связанные с раннепротерозойской мигматит-гранитовой формацией куандинского комплекса. Они унаследованно развиваются вдоль региональных зон бласто-тектонитов и диафоритов эпидот-амфиболитовой фации, по существу определяющих границы раннепротерозойского Кодаро-Удоканского прогиба. В пределах последних отмечаются как линейные, так и концентрические (по периферии гранито-гнейсовых куполов) ореолы развития кварц-полевошпатовых и кварц-гранит-силлиманитовых метасоматитов и сопряженных с ними магнезиальных и известковистых скарноидов. Более поздние пропилитовые изменения проявлены в редуцированном виде.

Геохимически специализированными образованиями в рассматриваемом формационном ряду являются фельдшпатолиты и кварц-биотитовые пропилиты: цирконий, цериевые редкие земли, ниобий и др. (см. табл. 1). Практический интерес представляют в первую очередь редкоземельно-редкометальные концентрации в альбит-микроклиновых фельдшпатолитах катугинского типа [1] и, возможно, проявления глиноземистого сырья в алюмокварцевых метасоматитах Ничатского района и цирконий-редкозе-

Таблица 2

Результаты изотопно-геохронологических исследований

№ пробы	Порода	Изотопные отношения		Возраст, млн. лет		
		$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	по цир- конам	K — Ar метод	Rb — Sr метод
Ничатский массив						
М-7	Крупнозернистый гранит ничат- ского комплекса	0,06	$0,1145 \pm 0,0036$	1870 ± 50	1810 ± 40	1760 ± 30
М-8	То же	0,22	$0,1124 \pm 0,0038$	1840 ± 60		
М-1	Пегматоидный гранит грейзе- низированный	0,01	$0,1035 \pm 0,0035$	1690 ± 50	—	—
10823	Биотит-кварц-микроклиновый метасоматит	0,07	$0,1067 \pm 0,027$	1740 ± 60	—	—
Холболокский массив						
10858	Полосчатый гранито-гнейс ку- андинского комплекса	0,15	$0,1335 \pm 0,0070$	2150 ± 100	1895 ± 25	1895 ± 30
10867	Порфириобластический гранито- гнейс	0,16	$0,1382 \pm 0,0080$	2200 ± 200	1895 ± 25	1895 ± 30
Тарынская зона						
10348	Кварц-биотитовый метасоматит	0,03	$0,1224 \pm 0,0032$	1970 ± 50	2030 ± 40	—
10352	Биотит-кварц-плагиоклазовый метасоматит	0,04	$0,1230 \pm 0,0036$	2000 ± 70		
Тарыннахский трог						
3516	Биотит-полевошпатовый мета- соматит	0,09	$0,1545 \pm 0,0037$	2400 ± 70	—	—
3516-2	То же	0,11	$0,1555 \pm 0,0040$	2410 ± 70	—	—
3516	Торит (в аксессуориях)	0,15	$0,1562 \pm 0,0036$	2420 ± 70	—	—

мельной минерализации в калишпат-плагиоклазовых фельдшпатолитах Ничатского и Сюльбанского районов (данные Ю. Б. Алешко, В. А. Кривенко и др.).

Образование метасоматитов протогеосинклинального ряда датируется Rb-Pb методом по цирконам и K-Ar методом по монофракциям порообразующих минералов (А. Г. Рублев, Курунг-Уряхский район) соответственно в 2000—1970 и 2030 ± 40 млн. лет, что согласуется с возрастом редкометальной минерализации и метасоматитов Катугинского месторождения (2050—2000 млн. лет) [10, 13]. Геохронологические результаты, полученные для гранитоидов куандинского комплекса, свидетельствуют о термическом воздействии, в ходе которого примерно 1900 млн. лет назад были полностью перестроены K-Ar и Rb-Sr

геохронометрические системы. При этом полученные для цирконов результаты (2200—2150 млн. лет) могут рассматриваться лишь как верхняя (минимальная по абсолютному значению) граница возраста куандинских гранитоидов. На основании типологического исследования цирконов температура кристаллизации гранитоидов и метасоматитов оценивается соответственно в 700—800 и 650—700 °С, что не противоречит ранее полученным данным по другим геотермометрам для кварц-плагиоклаз-ортоклазовых метасоматитов [15].

Протогеосинклинальный ряд, выделенный в пределах Тарыннахского трога в Ималыкском районе, характеризуется одной фельдшпатолитовой формацией, с которой ассоциируют регионально развитые магнезиально-железистые скарны и скарноиды. Фельд-

шпатолиты Тарыннахского трога обнаруживают пространственную связь с позднеархейскими гранитоидами позднестанового (?) комплекса, прорывающими образования борсалинской серии. Они локализованы в зонах бластотектонитов амфиболитовой фации внутри и по периферии троговых структур, выполненных образованиями названной серии. В геохимическом и минеральном отношении плагиоклаз-калишпатовые фельдшпатолиты данного ряда идентичны таковым протогеосинклинального ряда (см. табл. 1).

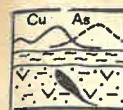
Для кварц-полевошпатовых метасоматитов Тарыннахского трога по двум цирконам и аксессуарному ториту получен наиболее древний возраст — 2400 млн. лет (см. табл. 2), что не противоречит предположению о возможной парагенетической связи этих образований с гранитоидами позднестанового комплекса, возраст которых оценивается в 2600—2700 млн. лет [11].

Таким образом, на западе Алданского щита выделяются три эпохи редкометального рудообразования, соответствующие трем основным этапам позднеархейского — раннепротерозойского развития региона. Двум последним этапам в свою очередь соответствуют наиболее полно проявленные и законченные гидротермальные циклы, в течение которых формировались редкоземельно-редкометальные концентрации в кремнщелочных метасоматитах катугинского типа с возрастом 2000 млн. лет и апатит-редкометальные ничатского типа (название дано по району, где они наиболее широко развиты) с возрастом около 1750—1700 млн. лет. Перспективы выявления в западной части Алданского щита промышленных месторождений высокоглиноземистого сырья (кварц-глиноземистая ГМФ), а также полиметаллического оруденения в раннепротерозойских березитах достаточно высоки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Архангельская В. В. Редкометальные щелочные комплексы южного края Сибирской платформы. М.: Недра, 1974.
- Беляев Г. М., Рудник В. А. Формационно-генетические типы гранитоидов. Л.: Недра, 1978.

- Богданов Ю. В., Свириденко В. Т., Феоктистов В. П. — Тр. ВСЕГЕИ. Нов. сер., 1978, т. 302, с. 78—87.
- Вороновский С. Н., Овчинникова Л. В. Методические рекомендации по минералогическому-петрографическому контролю проб при радиогеохронологических исследованиях. М.: ИМГРЭ, 1982.
- Жариков В. А. Некоторые закономерности метасоматических процессов. — В кн.: Метасоматические изменения боковых пород и их роль в рудообразовании. М., 1966, с. 47—62.
- Казанский В. И. Рудоносные тектонические структуры активизированных областей. М.: Недра, 1972.
- Макарьев Л. Б., Чухонин А. П. Редкометальные щелочные метасоматиты западной части Чарского поднятия: генетические и возрастные аспекты. — Докл. АН СССР, 1985, т. 280, № 5, с. 438—441.
- Методические рекомендации по определению возраста горных пород радиологическими (изотопными) методами/Под ред. Г. А. Муриной. Л.: ВСЕГЕИ, 1983.
- Методика изучения гидротермально-метасоматических образований/Е. В. Плющев, О. П. Ушаков, В. В. Шатов и др. Л.: Недра, 1981.
- Миркина С. Л. О возрасте Катугинского месторождения. — В кн.: Эндогенные процессы и металлогения в зоне БАМ. Новосибирск, 1983, с. 147—149.
- Новые данные о возрасте пород и руд Чарского месторождения железистых кварцитов/Л. А. Неймарк, Е. П. Миролюк, А. Д. Искандерова и др. — Докл. АН СССР, 1980, т. 252, № 2, с. 427—430.
- Омельяненко Б. И. Околорудные гидротермальные изменения пород. М.: Недра, 1978.
- Рубидий-стронциевый возраст рапаквитоподобных гранитов и метасоматитов Катугино-Аянской зоны (Северо-Восточное Забайкалье)/Л. В. Таусон, В. Н. Собаченко, Г. С. Плюссин и др. — Докл. АН СССР, 1983, т. 273, № 5, с. 1233—1236.
- Салоп Л. И. Геология Байкальской горной области. Т. 2. М.: Недра, 1967.
- Терентьев В. М., Беляев Г. М., Кудряцев Б. Е. Металлогеническая специализация кварц-полевошпатовых метасоматитов Алданского щита. — Геология руд. м-ний, 1971, т. XIII, № 3, с. 41—48.
- Уран-свинцовый возраст гранитоидов ирельского комплекса и связанных с ними метасоматитов/Л. А. Неймарк, С. Л. Миркина, Н. Г. Ризванова и др. — В кн.: Проблемы изотопного датирования процессов метаморфизма и метасоматоза. М., 1985, с. 114—115.
- Чухонин А. П. Датирование цирконов по изотопному отношению свинца при его термодинамической. — Тр. ВСЕГЕИ. Нов. сер., 1984, т. 328, с. 43—65.
- Шуркин К. А., Митрофанов Ф. П. Эволюция магматизма в раннем докембрии. — В кн.: XXIII сессия МГК. Проблема 4. М., 1968, с. 154—162.
- Pupin J. P. Zircon and granite petrology. Contrib. Mineral. and Petrol., 1980, vol. 73, № 3, p. 207—220.



ГЕОХИМИЯ

УДК (549.73+549.6) : 549.01+546.27 : 546.027

С. В. МАЛИНКО, А. Е. ЛИСИЦЫН, Л. В. СУМИН (Мингео СССР)

Изотопы бора в минералах — индикаторы источника рудного вещества

Бор в природе представлен смесью двух стабильных изотопов с массовыми числами 11 и 10. Экспериментальным путем для различных пород земной коры установлены довольно близкие значения отношений $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$, варьирующие приблизительно от 4,0 до 4,1 (табл. 1). Соответственно для Земли в целом изотопный состав бора принят равным $4,050 \pm 0,05$ [12], что отвечает относительной распространенности обоих изотопов ^{11}B 80,2 % и ^{10}B 19,8 %. Более высокие значения указанного отношения характеризуют морскую воду (см. табл. 1). В то же время объекты внеземного происхождения — метеориты — значительно обеднены тяжелым изотопом бора по сравнению с земными породами и морской водой. Как видно из табл. 1, отношение $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$ в различных метеоритах варьирует в пределах 3,815—3,960. Вряд ли следует признать это свидетельством обогащения легким изотопом бора метеоритного вещества по сравнению с земным в процессе ядерного синтеза [12]. Такое допущение представляется тем более не обоснованным,

что ядерные реакции с наибольшей вероятностью происходят на атомах легкого изотопа бора по схеме $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$ с высоким значением сечения этой реакции и таким образом способствуют сдвигу отношения $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$ только в сторону его увеличения. Наоборот, в повышенном содержании тяжелого изотопа бора в земных (коровых) породах и морской воде по сравнению с метеоритами, по-видимому, отражается смещение изотопного состава бора, которое находится в соответствии с экспериментальными данными о летучести соединений более тяжелого изотопа. С этой точки зрения наблюдаемое смещение изотопного состава бора оказывается вполне закономерным и является следствием общего процесса фракционирования изотопов бора, которое происходило на глубине в результате дифференциации первичного космического вещества нашей планеты на атмо-, гидро- и литосферу и приводило к обогащению этих производных изотопом бора ^{11}B [2]. Соответственно нет оснований считать, что первичное вещество на-

Таблица 1

Изотопный состав бора в породах земной коры, морской воде и метеоритах [10, 11, 12]

Объект исследования	$^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$	Объект исследования	$^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$
Базальт, Гавайи	$4,051 \pm 0,010$	»	4,220
То же	$4,045 \pm 0,015$	»	4,223
»	$4,063 \pm 0,013$	»	4,216
Базальт, стандарт	$4,042 \pm 0,022$	То же, Атлантический океан	4,214
Габбро, стандарт	$4,092 \pm 0,044$	То же, Арктика	4,236
То же	$4,104 \pm 0,012$	То же, Токийский залив	$4,02 \pm 0,012$
»	$4,100 \pm 0,008$	Железный метеорит, Толука	$3,850 \pm 0,011$
Гранит, стандарт	$4,063 \pm 0,017$	Хондрит, Рихардтон	$3,815 \pm 0,015$
То же	$4,066 \pm 0,013$	Хондрит, Эхола	$3,820 \pm 0,012$
Диабаз, стандарт	$4,039 \pm 0,012$	То же	$3,902 \pm 0,007$
Сланец, стандарт	$4,108 \pm 0,016$	Ахондрит, Пасамонт	$3,960 \pm 0,008$
Морская вода, Тихий океан	$4,071 \pm 0,023$		
То же	$4,207 \pm 0,008$		
»	$4,200 \pm 0,008$		

Изотопный состав бора в минералах

Минерал	Месторождение, район	Генетический тип месторождения, минералопроявления	$^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$
Датолит	Дальнегорское, Приморье, уч. Центральный	Известковоскарновый	$3,98 \pm 0,03$
»	То же	То же	$3,97 \pm 0,02$
»	Дальнегорское, уч. Левобережный	»	$3,95 \pm 0,005$
»	Верхний Рудник, Приморье	»	$3,94 \pm 0,002$
»	Ак-Архар, Памир	»	$3,97 \pm 0,04$
»	Золотой Курган, Северный Кавказ	»	$3,99 \pm 0,02$
»	Юлия Свинцовая, Хакасия	»	$4,03 \pm 0,02$
»	Вадимо-Александровское, Урал	»	$4,03 \pm 0,02$
»	Кимберлитовая трубка «Мир», Якутия	В кимберлитах с галогенным источником бора	$4,16 \pm 0,10$
Данбурит	Дальнегорское, уч. Левобережный	Известковоскарновый	$3,90 \pm 0,01$
»	Ак-Архар, Памир	То же	$3,97 \pm 0,03$
»	Учкошкон, Средняя Азия	»	$4,01 \pm 0,01$
»	Саяк-IV, Казахстан	»	$4,00 \pm 0,03$
»	Титовское, Якутия	»	$4,00 \pm 0,10$
»	Гаурдак, Средняя Азия	Осадочный	$4,09 \pm 0,02$
Турмалин	Таежное, Южная Якутия (из борато-магнетитовой руды)	Магнезиальноскарновый	$4,01 \pm 0,02$
»	То же (из кварц-полевошпатовой породы)	То же	$4,06 \pm 0,04$
»	То же (из гнейса)	»	$4,04 \pm 0,03$
Людвигит	Месторождение Северо-Восточного Китая	»	$4,06 \pm 0,02$
»	То же	»	$4,05 \pm 0,02$
»	Таежное, Южная Якутия (из кальцифира)	»	$4,07 \pm 0,02$
»	То же (из магнетит-людвигитовой руды)	»	$4,07 \pm 0,02$
»	То же	»	$4,01 \pm 0,02$
»	»	»	$4,00 \pm 0,02$
»	Солонго, Бурятия	»	$4,08 \pm 0,01$
»	Кундуй, Бурятия	»	$4,08 \pm 0,01$
»	Железный Кряж, Читинская область	»	$4,05 \pm 0,03$
»	Коротковское, Читинская область	»	$4,02 \pm 0,02$
»	Джугджур, Восточная Сибирь	»	$3,98 \pm 0,02$
»	Тажеран, Прибайкалье	»	$4,04 \pm 0,02$
»	Полярноуральское	»	$4,04 \pm 0,02$
»	Хол-Гол, КНДР	»	$4,06 \pm 0,02$
Суанит	Таежное, Южная Якутия	»	$4,16 \pm 0,05$
Курчатовит	Солонго, Бурятия	»	$4,04 \pm 0,03$
Кальциборит	Новофрловское, Урал	Известковоскарновый	$4,07 \pm 0,03$
Ссайбелиит	Титовское, Якутия	Магнезиальноскарновый	$4,05 \pm 0,02$
Ссайбелиит	Оз. Дуглас, Канада	Галогенный	$4,064 \pm 0,008$
Пинноит	Индер, Казахстан	»	$4,06 \pm 0,03$
Калиборит	То же	»	$4,17 \pm 0,02$
Борацит	»	»	$4,10 \pm 0,03$
»	Берлепш, Саксония	»	$4,16 \pm 0,01$
Гидробо-рацит	Индер, Казахстан	»	$4,18 \pm 0,02$
»	То же	»	$4,17 \pm 0,02$
Тинкалконит	Нахачкор, Памир	Вулканогенно-осадочный (глинистая фация)	$4,08 \pm 0,02$
»	Закавказье	То же	$4,05 \pm 0,04$
»	Лянгар, Памир	»	$4,01 \pm 0,03$
Колеманит	Индер, Казахстан	Галогенный	$4,15 \pm 0,04$
»	Эмет, Турция	Вулканогенно-осадочный (глинистая фация)	$4,08 \pm 0,04$
»	То же	То же	$4,07 \pm 0,02$
»	Долина Смерти, Калифорния	»	$3,99 \pm 0,04$
»	То же	»	$3,995 \pm 0,008$
»	Сан-Бернардино, Калифорния	»	$3,91 \pm 0,04$
Пандермит	Индер, Казахстан	Галогенный	$4,14 \pm 0,04$
»	Султан-Чаир, Турция	Вулканогенно-осадочный (глинистая фация)	$4,06 \pm 0,02$

Продолжение табл. 2

Минерал	Месторождение, район	Генетический тип месторождения, минералопроявления	$^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$
Иниоит	Индер, Казахстан	Галогенный	$4,15 \pm 0,07$
»	То же	»	$4,141 \pm 0,008^*$
Преображенскит	»	»	$4,14 \pm 0,08$
Улексит	Хомбрэ-Муэртэ, Аргентина	Вулканогенно-осадочный (глинистая фация)	$3,85 \pm 0,03$
»	Крамер, Калифорния	То же	$3,93 \pm 0,05$
»	Салар-Кохари, Аргентина	»	$3,922 \pm 0,008^*$
Бура	Крамер, Калифорния	Вулканогенно-осадочный (глинистая фация)	$3,99 \pm 0,05$
»	КНР	»	$4,03 \pm 0,03$
»	Оз. Сёрлз, США	То же (соленосная фация)	$4,25 \pm 0,02^{**}$
Хаулит	Тик-Каньон, Калифорния	»	$4,03 \pm 0,03$
»	Бела-Стена, Югославия	Галогенный	$4,15 \pm 0,04$
»	Сан-Бернардино, Калифорния	Вулканогенно-осадочный (глинистая фация)	$3,962 \pm 0,008^*$
Шабьинит	Коршуновское, Иркутская область	Скарновый	$4,20 \pm 0,08$
Екатеринит	Коршуновское, Иркутская область	Скарновый	$4,20 \pm 0,08$
Гамбергит	Имало, о. Мадагаскар	Пегматитовый	$4,026 \pm 0,008^*$
Сассолин	Япония	Вулканогенный	$4,052^{**}$
»	Италия	»	$4,109^{**}$

* По данным [8].

** По данным [12].

шей планеты по изотопному составу бора имело принципиальные отличия от других космических тел.

Вместе с тем еще в 60-х годах исследователи обратили внимание на большее разнообразие изотопного состава бора в различных борных минералах по сравнению с породами земной коры. Так, в шести изученных образцах разноименных боратов из различных месторождений мира отношение $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$ варьировало от 3,962 до 4,141 [8]. В частности, для ряда боратов из калифорнийских вулканогенно-осадочных месторождений отмечались значительные отклонения отношений $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$ от земной нормы в сторону понижения. Этот факт ученые объясняли предположением изотопного фракционирования в процессах гипотетических химических реакций [8, 12]. Соответствующие среднему земному значению $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$ и существенно превышающие его величины были известны для некоторых боратов из солеродных толщ, например иниоита из Индера, буры и тинкалконита из оз. Серлз. Установлено, что изотопный состав бора в боратах практически не изменяется в зависимости от глубины их залегания [9]. Более поздними исследованиями

было установлено отсутствие изотопного фракционирования бора в температурных генерациях минералов [2, 4, 6], а также независимость отношений $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$ от кристаллохимического фактора, в чем убеждает постоянство изотопного состава бора в разноименных минералах из одних и тех же месторождений (табл. 2). Все это позволяло не сомневаться в правомочности сопоставления аналитических данных по разным минералам и месторождениям.

Сложившаяся к 80-м годам картина распределения изотопного состава бора в горных породах, минералах, морской воде и метеоритах, хотя и основанная на ограниченном количестве изученных образцов, наводила на мысль о возможности использования изотопного состава бора в минералах как индикатора условий их образования, в частности источника рудного вещества. Новые технические средства позволили осуществить исследование на большом количестве образцов из малых навесок.

Определение изотопного состава бора осуществлено на масспектрометре ТСН-206-СА фирмы «Камека». Анализ мономинеральных образцов впервые производили без предварительно-

го химического выделения бора. Образцы наносили непосредственно на ленточный испаритель источника ионов. Испарение осуществлялось постепенно с помощью ступенчатого увеличения тока накала испарителя. Испаряющаяся фракция ионизировалась электронным пучком с энергией 70 эВ. Изотопное отношение измерялось в установившемся режиме для каждой температурной ступени по отношению ионных токов $^{11}\text{B}^+$ и $^{10}\text{B}^+$. Для каждого образца производилось в среднем пять серий измерений, в каждой из которых получали по 20 единичных значений отношения. Средние для серий измерений величины служили основой для расчета изотопных отношений, уровень достоверности которых соответствует 95 %. Аналитическая погрешность, определенная по разбросу отношений и их воспроизводимости, в подавляющем большинстве случаев не превышала $\pm 0,02$.

Задача исследования заключалась в определении изотопного состава бора в различных борных минералах из месторождений разных генетических типов — эндогенных, вулканогенно-осадочных и галогенных. Полученные материалы были дополнены литературными сведениями об изотопном составе бора отдельных минералов, достоверность которых не вызывала сомнения. Результаты отражены в табл. 2, включающей данные об изотопном составе бора в 73-х образцах 24-х различных минералов бора из 43-х месторождений и рудопроявлений мира.

При анализе таблицы обращают на себя внимание следующие факты.

1. Изотопный состав бора в различных борных минералах на единичных месторождениях постоянный, например в датолите и данбурите месторождения Дальнегорское, турмалине и людвигите месторождения Таежное, калиборите, гидроборачите, колеманите, пандермите, иниите и преображенските месторождения Индер. По-видимому, это служит, с одной стороны, доказательством отсутствия изотопного фракционирования в процессе формирования борных руд на отдельных месторождениях, с другой — наглядно показывает, что кристаллохимический фактор не сказывается на изотопном составе бора в минералах.

2. Изотопный состав бора в одноименных минералах из месторождений разных генетических типов различный, например в датолите из скарновых месторождений Дальнегорское и Ак-Архар и из кимберлитов Якутии, данбурите из скарновых месторождений Дальнегорское и Ак-Архар и из осадочного месторождения Гаурдак, колеманите из галогенного месторождения Индер и из вулканогенно-осадочных месторождений Долины Смерти. По-видимому, различия изотопного состава бора в одноименных минералах из месторождений разных генетических типов отражают специфические особенности условий их формирования.

3. Диапазон вариаций изотопного состава бора в минералах (от 3,85 до 4,20) сопоставим с таковым во всех изученных земных объектах (горных породах, морской воде) и метеоритах (см. табл. 1).

4. Изотопный состав бора подавляющего большинства изученных образцов минералов варьирует от 4,0 до 4,1 и для этой группы объектов близок к значениям $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$ для пород земной коры (см. табл. 1).

5. Более высоким соотношением $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$ ($>4,1$) преимущественно обладают бораты из галогенных месторождений, характерным представителем которых является Индер в Казахстане. Изотопный состав бора минералов в месторождениях этого типа близок таковому в морских водах. Аналогичный изотопный состав бора свойствен и буре в месторождении вулканогенно-соленосной фации (оз. Сёрлз), в то время как в месторождениях вулканогенно-глинистой фации бора обладает низкими отношениями $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$ (3,99). Аномально высокие значения $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$ характеризуют также датолит из кимберлитовой трубки «Мир» в Якутии и новые хлориды — бораты — екатеринит и шабынит в скарново-магнетитовом месторождении Коршуновское в Иркутской области; в обоих случаях бора, очевидно, был заимствован из горизонтов захороненных рассолов в основании чехла Сибирской платформы.

6. Аномально низкие отношения $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$ ($<4,0$) характерны для всех боратов месторождений вулканогенно-глинистой фации Северной и Южной

Америки (долина Смерти, Сан-Бернардино, Крамер, Хомбрэ-Муэртэ, Кохари), а также для датолита и данбурита месторождений Дальнегорское и Ак-Архар. В месторождениях вулканогенно-соленосной фации бораты характеризуются аномально высоким отношением $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$. Например, в буре из оз. Сёрлз в Калифорнии отношение $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$ равно 4,25, в то время как в буре из месторождения Крамер, расположенного в том же регионе, указанное соотношение изотопов составляет 3,99.

7. Прекрасная сходимость аналитических данных по изотопному составу бора в минералах, полученных авторами и зарубежными исследователями, отмечаемая в тех случаях, когда проводились изотопные анализы одноименных минералов из одних и тех же месторождений (колеманит из Долины Смерти, Калифорния; иниит из месторождения Индер, Казахстан, см. табл. 2), безусловно, свидетельствует о несущественном влиянии фракционирования изотопов бора в ходе термической возгонки при анализе и о достоверности приводимых результатов.

Анализ установленных особенностей распределения изотопов бора в минералах с учетом закономерных вариаций изотопного состава этого элемента в земной коре, морской воде, метеоритах, а также геологических факторов приводит к выводу о том, что принципиальные различия изотопного состава бора в минералах из месторождений отдельных генетических типов в основном определяются разными источниками рудного вещества. В первую очередь такой вывод вытекает из обширного диапазона вариаций изотопного состава бора в минералах, не уступающего диапазону изменения $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$ во всех породах земной коры, в морской воде и метеоритах. То обстоятельство, что отношение изотопов бора в большинстве изученных образцов минералов находится в пределах 4,0—4,1, и таким образом в целом отвечает изотопному составу бора пород земной коры и морской воды, по-видимому, должно рассматриваться как свидетельство корового происхождения данного элемента в этих минералах.

Действительно, как видно из табл. 2, образцы различных минералов бора, обладающие соотношением изотопов бора в указанном интервале значений, относятся к известково- и магнезиально-скарновым месторождениям, генетически связанным с гранитоидным магматизмом и образовавшимся в доальпийские эпохи рудогенеза. Из числа изученных объектов это известково-скарновые месторождения Вадимо-Александровское и Новофурловское на Урале, Юлия Свинцовая в Хакасии, Учкошкон в Средней Азии, Саяк-IV в Казахстане; магнезиально-скарновые — Таежное в Южной Якутии, месторождение северо-восточного Китая, Солонго и Кундуй в Бурятии, Титовское в Полярной Якутии, Железный Кряж и Коротковское в Читинской области, Хол-Гол в КНДР, рудопроявления в районе хребта Джугджур, на Полярном Урале, Тажеран в Прибайкалье.

Генетическая связь указанных объектов с гранитоидами определяет в целом происхождение их за счет плавления земной коры, а изотопный состав бора подтверждает заимствование рудного вещества именно из коровых пород.

Облегченный изотопный состав бора ($^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$ от 3,99 до 3,90) свойствен датолиту и данбуриту в известково-скарновых месторождениях, связанных с альпийской эпохой рудообразования — Дальнегорском в Приморье, Ак-Архаре на Памире и Золотом Кургане на Северном Кавказе. Этот факт приобретает особый интерес потому, что именно к этой группе относятся наиболее значительные объекты среди известковоскарновых — месторождения Дальнегорское и Ак-Архар. Региональное геологическое положение, геотектоническая позиция и магматизм обоих месторождений специфичны по сравнению с остальными известковоскарновыми рудопроявлениями бора.

На Дальнегорском месторождении, приуроченном к южной части Восточно-Сихотэ-Алинского пояса третичной зоны складчатости, установлена связь боросиликатных руд с малыми интрузиями контрастной щелочно-калиевой серии пород (шонкиниты, эссексит-диабазы, трахиандезиты, эпидейциты).

вые трахиты, монзониты, калиевые граниты), объединяемых в сихотеалинский постороженный комплекс, сформировавшийся в интервале 72—27 млн. лет (палеоген) и локально развитый в пределах данного месторождения [1]. Возраст поздних интрузий щелочно-калиевой серии, скарнов и пространственно с ними связанного боросиликатного оруденения составляет 36—27 млн. лет (олигоцен). Образование сихотеалинского рудно-магматического комплекса И. Н. Говоров связывает с тектоно-магматической активизацией орогенных структур Сихотэ-Алиня под воздействием процессов формирования глубоководных впадин окраинных морей Тихого океана и считает, что образование калиево-щелочных магм происходило в верхней мантии в области глубинного разлома и было связано с селективным плавлением перидотитового и эклогитового вещества под влиянием интрателлурических флюидов, обогащенных летучими соединениями калия и бора [1]. Подобной специфической контрастной серии интрузивных пород не известно ни на одном из остальных скарновых месторождений и рудопроявлений бора.

Специфика геотектонической позиции района месторождения Ак-Архар состоит в приуроченности к зоне влияния Каракорумского разлома, вдоль которого реализуется взаимодействие между Памирской и Тибетской микроплитами и обеспечивается проникновение на территорию Юго-Восточного Памира щелочных магм мантийного происхождения. Формирование месторождения связывается с процессами мезозойско-кайнозойской тектоно-магматической активизации. Несмотря на то что вопросы связи боросиликатного оруденения с магматизмом для этого месторождения изучены значительно слабее, важно отметить тот факт, что в его пределах развиты малые интрузии, объединяемые в три возрастные группы от древних к молодым: 1) гранит-порфиры, 2) диоритовые порфиры, 3) трахибазальты, трахидиабазы, щелочные диабазовые порфиры [7]. Бурением на месторождении установлен гранодиоритовый массив предположительно раннемелового возраста, не выходящий на поверхность. Воз-

раст всех интрузивных пород укладывается в диапазон 115—53 млн. лет. Возраст боросиликатного оруденения эоценовый. Борное оруденение по времени близко к дайкам третьей группы, которые, судя по химическому составу, близки породам щелочно-калиевой серии, развитым на Дальнегорском месторождении. Ряд других геохимических и минералогических признаков подтверждает парагенетическую связь борного оруденения месторождения Дальнегорское и Ак-Архар с магматическими породами щелочно-калиевой серии [3]. Следовательно, геологические и минералого-геохимические данные свидетельствуют о связи борных руд месторождений Дальнегорское, Ак-Архар с глубинными щелочными магмами, образование которых происходит, по-видимому, в пределах верхней мантии. Облегченный изотопный состав бора в датолите и данбурите этих месторождений подтверждает мантийное происхождение бора.

Облегченный изотопный состав бора ($^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$ 3,99—3,85) установлен также во всех изученных боратах (буре, улеските, колеманите, хаулите) из вулканогенно-осадочных месторождений Северной и Южной Америки, относимых к вулканогенно-глинистой фации (Крамер, Сан-Бернардино и Долина Смерти в Калифорнии, Хомбрэ-Муэртэ и Салар-Кохари в Аргентине). Вместе с тем в месторождениях вулканогенно-соленосной фации того же материка бораты характеризуются высоким значением отношения $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$. Так, в буре из оз. Сёрлз (Калифорния) $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$ равно 4,25. Высокие значения указанного соотношения в данном случае, по-видимому, связаны с особенностями изотопного фракционирования при галогенезе. Облегченный изотопный состав бора в боратах вулканогенно-осадочных месторождений Американского континента, по-видимому, также указывает на преимущественно мантийный источник рудного вещества при формировании.

По сравнению с аналогичными месторождениями Америки вулканогенно-осадочные месторождения Азии характеризуются более высокими значениями $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$ в боратах — от 4,03. Особенно наглядно различие в тех случаях, когда изотопному ана-

лизу подвергались одни и те же бораты в вулканогенно-осадочных месторождениях одной и той же фации (вулканогенно-глинистой), расположенные в пределах Американского и Азиатского континентов. Так, колеманит из крупнейшего вулканогенно-осадочного месторождения Турции Эмет в двух изученных образцах характеризуется отношением $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$ 4,08 и 4,07, в то время как в аналогичных месторождениях Калифорнии для этого минерала были установлены значительно более низкие цифры (3,91 и 3,99). Порядок величин $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$ в различных боратах вулканогенно-осадочных месторождений Азии, варьирующих в пределах 4,01—4,08, по среднему значению (4,05) отвечает таковому в земной коре, что, по мнению авторов, свидетельствует о коровом происхождении бора при формировании этих месторождений.

Различные источники поступления бора при формировании вулканогенно-осадочных месторождений на западе Северной и Южной Америки с одной стороны, и на Азиатском континенте — с другой, хорошо согласуются с особенностями геодинамических обстановок на активных окраинах обоих континентов. Так, формирование вулканогенно-осадочных месторождений Азии в кайнозойшло за счет вулканической и поствулканической деятельности, происходящей в зонах столкновения континентальных плит и связанной с переплавлением корового материала. Изотопный состав бора в боратах вулканогенно-осадочных месторождений Азии (среднее значение $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$ 4,05) подтверждает эту концепцию.

Тектоно-вулканическая деятельность в пределах Северной и Южной Америки в ту же эпоху определялась в основном зоной Заварицкого—Беньофа, располагавшейся вдоль западного побережья континента, падавшей на восток и возникшей в процессе погружения Тихоокеанской плиты и плиты Наска под Американскую [5]. Такая обстановка, по-видимому, способствовала вовлечению в магмообразование материала более глубоких зон Земли, в частности мантии. Это подтверждается облегченным изотопным составом бора в боратах калифорнийских и аргентинских месторождений, сред-

нее отношение $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$ в которых, по данным авторов, составляет 3,94 при минимальном 3,85 и близко к таковому в метеоритах (см. табл. 1).

Наиболее высокое отношение $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$ характерно для боратов галогенных месторождений, типичным представителем которых является Индер. Как видно из табл. 2, в преобладающем большинстве изученных боратов этого месторождения (калиборите, бораците, гидробораците, колеманите, пандермите, инионите, преображенските) $^{11}\text{B}/^{10}\text{B} \geq 4,10$. По обобщенным данным [2], $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$ в галогенных боратах варьирует в пределах 4,10—4,25, что в целом соответствует изотопному составу бора в морской воде, по результатам современных исследований [10, 11]. Этот факт подтверждает морское происхождение бора в подобных месторождениях. Фракционирование тяжелого изотопа бора в морской воде и при галогенезе, по-видимому, связано с большей летучестью его галогенидов по сравнению с галогенидами изотопа ^{10}B , что установлено экспериментально [13]. Утяжеленный изотопный состав бора в минералах приобретает типоморфное значение как надежный признак его галогенного происхождения. Последнее позволяет утверждать, что во многих случаях в эндогенных образованиях, например в датолите из кимберлитов Якутии, екатерините и шабыните в метасоматически измененных карбонатных породах Коршунковского месторождения в Иркутской области, бор имеет галогенное происхождение, будучи заимствованным из горизонтов рассолов, залегающих в основании чехла Сибирской платформы. Такой вывод хорошо увязывается с геологическими данными.

Проведенное исследование развивает и уточняет положения, ранее выдвинутые авторами [4] на основе изучения изотопов бора в минералах преимущественно эндогенного происхождения.

Таким образом, изотопное отношение $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$ в минералах бора имеет информативное значение для определения источника бора. Граничное значение отношения $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$, указывающее на мантийный или коровый источник, составляет $3,99 \pm 0,02$ при уровне зна-

чимости 95 %, определенном по критерию Стьюдента.

Облегченный изотопный состав бора ($^{11}\text{B}/^{10}\text{B} < 3,99 \pm 0,02$) указывает на его мантийный источник. Такой изотопный состав характерен для датолита и данбурита известковоскарновых месторождений, связанных с альпийской эпохой рудообразования и глубинными калиево-щелочными магмами, а также для боратов вулканогенно-осадочных месторождений вулканогенно-глинистой фации западного побережья Северной и Южной Америки. Геологическая позиция этих месторождений и ряд типоморфных характеристик минералов бора подтверждают мантийный источник бора при их формировании.

Отношение $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$ в пределах $3,99 \pm 0,02$ в боратах и боросиликатах свидетельствует о коровом происхождении бора. Подобный изотопный состав этого элемента характерен для борных минералов известковоскарновых месторождений, сформировавшихся в доальпийские эпохи оруденения, и генетически связанных с гранитоидным магматизмом, а также для всех магнезиально-скарновых месторождений независимо от их возраста. Аналогичным изотопным составом обладают минералы бора вулканогенно-осадочных месторождений вулканогенно-глинистой фации, расположенные на Азиатском континенте. Геологическая позиция и особенности геодинамических условий формирования этих месторождений соответствуют заключению о коровом происхождении бора в данном случае.

Утяжеленный изотопный состав бора ($^{11}\text{B}/^{10}\text{B} > 4,10$) характерен для минералов во всех тех случаях, когда имеет место изотопное фракционирование, обусловленное галогенезом. Соответственно высокие значения отношения $^{11}\text{B}/^{10}\text{B}$ свойственны минералам бора из галогенных месторождений, а также из вулканогенно-осадочных вулканогенно-соленосной фации. В минералах бора из месторождений и рудопоявлений иных генетических типов (скарнах, кимберлитах) столь высокие значения указанного соотношения в минералах являются индикатором заимствования бора из галоген-

ных пород в процессе рудообразования.

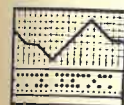
Из всех 73-х изученных образцов минералов только в трех изотопный состав бора непосредственно не укладывается в указанные интервалы соответственно генезису. Это людовигит из рудопоявления в районе хребта Джугджур ($^{11}\text{B}/^{10}\text{B} 3,98 \pm 0,2$), суанит из месторождения Таежное ($4,16 \pm 0,05$) и пинноит из Индера ($4,06 \pm 0,03$). Эти результаты авторы считают не случайными, а обусловленными генетическими особенностями, пока, по-видимому, недостаточно изученными. В частности, рудопоявление людовигита хребта Джугджур расположено в зоне, переходной от океана к континенту, что предопределяет наибольшую вероятность поступления бора из глубинных источников. По поводу утяжеленного изотопного состава бора в суаните месторождения Таежное следует отметить, что этот довольно редкий минерал, спорадически встречающийся на данном месторождении, является наиболее ранним по отношению ко всем остальным боратам; вероятно, он формировался в специфических условиях, физико-химическая сущность которых пока не вполне ясна. Характерно, что среди галогенных боратов изотопная аномалия, выраженная облегченным изотопным составом бора, установлена в пинноите Индера, также кристаллизующемся на самых ранних стадиях галогенеза.

Использование отношения изотопов бора в минералах как индикатора источника рудного вещества может содействовать развитию фундаментальных исследований в области теории рудообразования, а также способствовать целенаправленному ведению поисков на борное сырье и достоверности оценки рудопоявлений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Говоров И. Н. Малые интрузии щелочных пород и боросиликатные скарны Дальнего горского района Приморья.— Докл. АН СССР, 1976, т. 230, № 1, с. 186—189.
2. Горбов А. Ф. Изменения изотопного состава бора в природе и их геохимическое значение.— Тр. ВНИИГ, 1969, вып. 54, с. 174—190.
3. Лисицын А. Е., Малинко С. В. К проблеме источника рудного вещества при форми-

4. Малинко С. В., Лисицын А. Е., Сумин Л. В. Изотопный состав бора в природных боратах и боросиликатах как индикатор условий их образования.— Докл. АН СССР, 1982, т. 267, № 2, с. 453—456.
5. Озол А. А. Осадочный и вулканогенно-осадочный рудогенез бора. М.: Наука, 1983.
6. Тезисы доклада на VIII Всесоюзном симпозиуме по стабильным изотопам в геохимии/В. И. Устинов, В. А. Гриненко, Т. Р. Иванова и др. М.: ГЕОХИ АН СССР, 1980, с. 298—299.
7. Шаповалов И. П., Аверьянов Г. С., Бируля И. В. Геолого-структурные особенности Ак-Архарского месторождения бора (Памир).— В кн.: Материалы научно-техн. конф., посвященной 30-летию открытия, изучения и освоения месторождения борных руд на Дальнем Востоке. Дальнегорск, 1976, с. 35—37.
8. Finley H., Eberle A., Rodden C. Isotopic boron composition of certain boron minerals.— *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 1962, vol. 26, p. 911—914.
9. McMullen C., Cragg C., Thode H. Absolute ratio of $\text{B}^{11}/\text{B}^{10}$ in Searles Lake borax.— *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 1961, vol. 23, N 12, p. 147—150.
10. Nomura M., Kanzaki T., Ozawa T., Okamoto M., Kakihana H. Boron isotopic composition of fumarolic condensates from some volcanoes in Japanese island arcs.— *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 1982, vol. 46, N 11, p. 2403—2406.
11. Schwarcz H., Aggei E., McMullen C. Boron isotopic fractionation during clay adsorption from seawater.— *Earth Planet. Sci. Lett.*, 1969, vol. 6, p. 1—5.
12. Shima M. Geochemical study of boron isotopes.— *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 1963, vol. 27, p. 911—913.
13. Urey H. The thermodynamic properties of isotopic substances.— *J. Chem. Soc.*, 1947, part 2, p. 562.



ГЕОФИЗИКА И ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ

УДК 550.832 : 552.5

Т. С. ИЗOTOVA (УкрНИГРИ)

Определение типов осадочных пород по комплексу геофизических исследований скважин

Применение геофизических исследований скважин (ГИС) при седиментологических и литолого-стратиграфических изысканиях имеет большие перспективы в решении ряда геологических, в частности поисковых, задач. Комплекс ГИС дает обширную и разностороннюю информацию о физических свойствах пород: изменении удельного электрического сопротивления по вертикали и латерали, естественной поляризации, естественной и наведенной радиоактивности, разрушаемости и акустических характеристиках. Каждое из перечисленных свойств обусловлено геологической обстановкой, сопутствовавшей накоплению и дальнейшему преобразованию осадков.

Рассмотрим результаты поиска связей генетических признаков пород с их физическими свойствами, отраженными в диаграммах ГИС. Анализируясь материалы каротажа, керн и другая геологическая информация нефте-

газоносных районов Украины. Используются данные более 100 скважин (десятки тысяч метров разреза) по Днепровско-Донецкой впадине, более 50 скважин по Воыно-Подольской окраине Восточно-Европейской платформы, около 30 скважин по Предкарпатскому прогибу и Крыму.

Из числа выявленных генетических признаков [1, 9, 10] по комплексу ГИС можно определять характерные парагенезы литотипов, структуру песчаников и глин, текстуру песчаников и сообществ пород, особенности контакта между отдельными литотипами. Количественные критерии для послыслового опознавания всех имеющихся в конкретном разрезе литологических разностей пород определяются на основании детального сопоставления данных каротажа с макро- и микроскопическим анализом керна. Важную роль при этом играет выявление в разрезе по аномальному отклонению какого-либо геофизического парамет-

ра нестандартных литотипов (например, граувакковых песчаников, имеющих аномальную радиоактивность). Для объяснения подобных отклонений (при отсутствии керна) применяется метод дедукции с последующей корректировкой определений данными керна. Такой подход к решению задачи литологического расчленения разреза позволяет существенно расширить число определяемых литотипов. Применение его при изучении нефтегазоносных бассейнов Украины дало возможность установить количественные критерии для опознавания практически всех встречаемых здесь разновидностей осадочных пород [3, 7].

К характерным литотипам, которые однозначно указывают на условия седиментации и легко опознаются по комплексу ГИС, можно отнести [6, 7, 9] аркозовые и граувакковые песчаники, уголь, углистые аргиллиты, сухарные глины (континентальные отложения); соль, гипсы, ангидриты, соледержащие песчаники, гипсоангидритовые аргиллиты (лагунные); известняки, доломиты, мергели, мел (морские); туфы, туффиты, туфопесчаники (вулканогенные и вулканокластические). Для установления геологических условий осадкообразования других отложений необходимы дополнительные критерии — их структура и текстура.

Методами каротажа можно характеризовать изменение гранулометрического состава песчаников и алевролитов, а также степени дисперсности глин в разрезе скважин. Совместный анализ данных керна и каротажа позволил установить, что изменение среднего диаметра зерен ($D_{ср}$) песчано-алевритовых пород отражается на диаграммах электрометрии, записанных экранированными зондами (БК, БМК). Сопротивления, фиксируемые на кривых БК и БМК в водонасыщенных участках разреза, зависят от емкостных и фильтрационных свойств, связанных в основном с размером зерен частиц породы и их сортировкой [3, 5]. Это позволяет определять один из важнейших генетических показателей — характер слоистости песчано-алевритовых отложений. Различают трансгрессивный тип градиационной слоистости, когда размер зерен песча-

ника уменьшается вверх по разрезу, и регрессивный, когда он увеличивается в этом направлении [1, 9, 10]. На кривых сопротивлений БК и БМК в первом случае наблюдается рост сопротивления вверх по разрезу, во втором — его уменьшение. Одновременное возрастание диаметра зерен песчаника и его глинизация характерны для так называемых «мусорных» обломочных пород [9, 10]. На диаграммах ГИС они опознаются по разной направленности изменения показаний БМК (БК) и ГК.

Степень слоистости песчано-алевритового пласта по размеру зерен можно характеризовать коэффициентом ξ_D

$$\xi_D = \frac{E - \sqrt{\sigma}}{E}; E = \frac{\sum h_i D_{ср i}}{\sum h_i},$$

где σ — дисперсия по среднему диаметру зерен, h_i — мощность прослоев, отмечаемых одинаковыми значениями сопротивлений на кривой БМК или БК. Для однородных по $D_{ср}$ пластов $\sigma \rightarrow 0$; $\xi_D \rightarrow 1$.

Подобным образом можно рассчитать коэффициенты, характеризующие степень слоистости пласта по содержанию в нем глинистой компоненты ($\xi_{гл}$), а также по изменению его пористости ($\xi_{кл}$), используя в первом случае диаграмму гамма-каротажа, во втором — акустического каротажа.

Важный генетический признак осадков — структура глин. Глины континентального происхождения менее дисперсны, чем морские, и содержат обычно значительные количества алевропсаммитовой фракции и органических остатков, что обуславливает повышение удельного электрического сопротивления их в 1,5—2 раза по сравнению с морскими глинами. Различия удельного сопротивления континентальных и морских глин увеличивается в результате постседиментационных преобразований последних. В составе глин континентального происхождения гумидного литогенеза обычно преобладает каолинит, трансформация которого сопровождается потерей катионов и уменьшением заряда слоя [10]. Удельное сопротивление каолинитовых аргиллитов достигает иногда 50 Ом·м. Сопротивление морских глин, прошедших такую же стадию катагенеза (один и тот же район, одинаковые

глубина залегания и минерализация пластовых вод), не превышает 10 Ом·м.

Другим свойством пород, используемым при установлении генетической природы глин, является их естественная радиоактивность (I_1). Она определяется присутствием радиоактивных минералов, поступающих из коры выветривания, которые создают фон радиоактивности осадков, а также концентрацией органического вещества в составе глин.

Радиоактивный фон зависит от тектонической природы морских бассейнов. Океанический тип их характеризуется развитием магматических пород базальтового состава, имеющих слабую радиоактивность [9, 10]. Глина, песчаники, алевролиты, образовавшиеся при разрушении этих пород, отличаются низкой радиоактивностью.

В морских бассейнах, развивающихся на мощной континентальной коре в пределах платформ или складчатых областей, осадки образуются из магматических пород кислого состава [9, 10], которым свойственна высокая радиоактивность. Фоновые значения радиоактивности морских глин составляют (в пА/кг): 0,3—0,4 — в верхнемеловых отложениях Крыма, 0,15—0,3 — в неогеновых Предкарпатского прогиба, 0,6—0,9 — в карбоновых Днепровско-Донецкой впадины.

К генетическим признакам можно отнести текстуру (слоистость) пачки, которая показывает временную частоту смены литофаций в ее пределах.

$$h_L = \sum h_i / n,$$

где h_L — средняя мощность, n — количество пластов в пачке (при $n \rightarrow 1$, $h_L \rightarrow \sum h_i$; при $n \rightarrow \infty$, $h_L \rightarrow 0$).

Важной особенностью пород разреза является также степень развития в них песчаных тел ($K_{песч}$), которая определяется как отношение суммарной мощности песчаников к общей мощности пачки

$$K_{песч} = \sum h_{песч} / \sum h.$$

Количественные значения перечисленных выше генетических признаков, определяемых по комплексу ГИС, устанавливаются путем совместного анализа геологических и скважинных геофизических данных для отложений

с известным генезисом. Ниже приведена характеристика некоторых формационных комплексов нефтегазоносных районов Украины по данным ГИС и керна.

Аллювиально-пролювиальная формация изучена на нижнетурнейских отложениях южного склона центральной части Днепровско-Донецкой впадины. По данным керна, в разрезе чередуются конгломераты, гравелиты, крупно- и среднезернистые песчаники с крупнозернистыми алевролитами и аргиллитами. Песчаники полимиктового состава — аркозовые, аркозово-граувакковые, кварцевые с большим содержанием калиевых полевых шпатов (материнские породы — в основном гранитоиды Украинского кристаллического щита). Степень сортировки низкая, $D_{ср}$ 0,7—0,3 мм [6, 7]. Аргиллиты алевроитистые и песчаные, иногда с большой концентрацией растительных остатков.

По комплексу кривых каротажа отложения аллювиально-пролювиальной формации характеризуются следующими показателями (рис. 1). Удельное электрическое сопротивление песчаников промытой зоны изменяется от 5 до 25 Ом·м (например, см. кривую БМК, интервал 4758—4736 м), отражая неравномерную слоистость и существенные (от 0,5 до 0,2 мм) колебания $D_{ср}$. Изменениям кривой БМК не соответствуют послойные вариации значений естественной радиоактивности и скорости распространения упругих колебаний, хотя $\xi_D \approx \xi_{гл} \approx \xi_{кл} \approx 0,7$. Радиоактивность песчаников повышенная (0,28—0,72 пА/кг) за счет большого содержания калиевых полевых шпатов; количество песчаников в разрезе ~70 %.

Аргиллиты отличаются высоким сопротивлением и аномально высокой радиоактивностью (1,5 пА/кг). Текстура пачек тонкослоистая, средняя мощность отдельных пластов не превышает 3 м (см. рис. 1).

Мелкозернистая веерно-обломочная субформация характеризуется большей дифференциацией кривых БМК, отражающих рост сопротивления песчаников в прискважинной части пласта в связи с уменьшением диаметра зерен, увеличение алевроитистости и аргиллитовой компонент в разрезе при

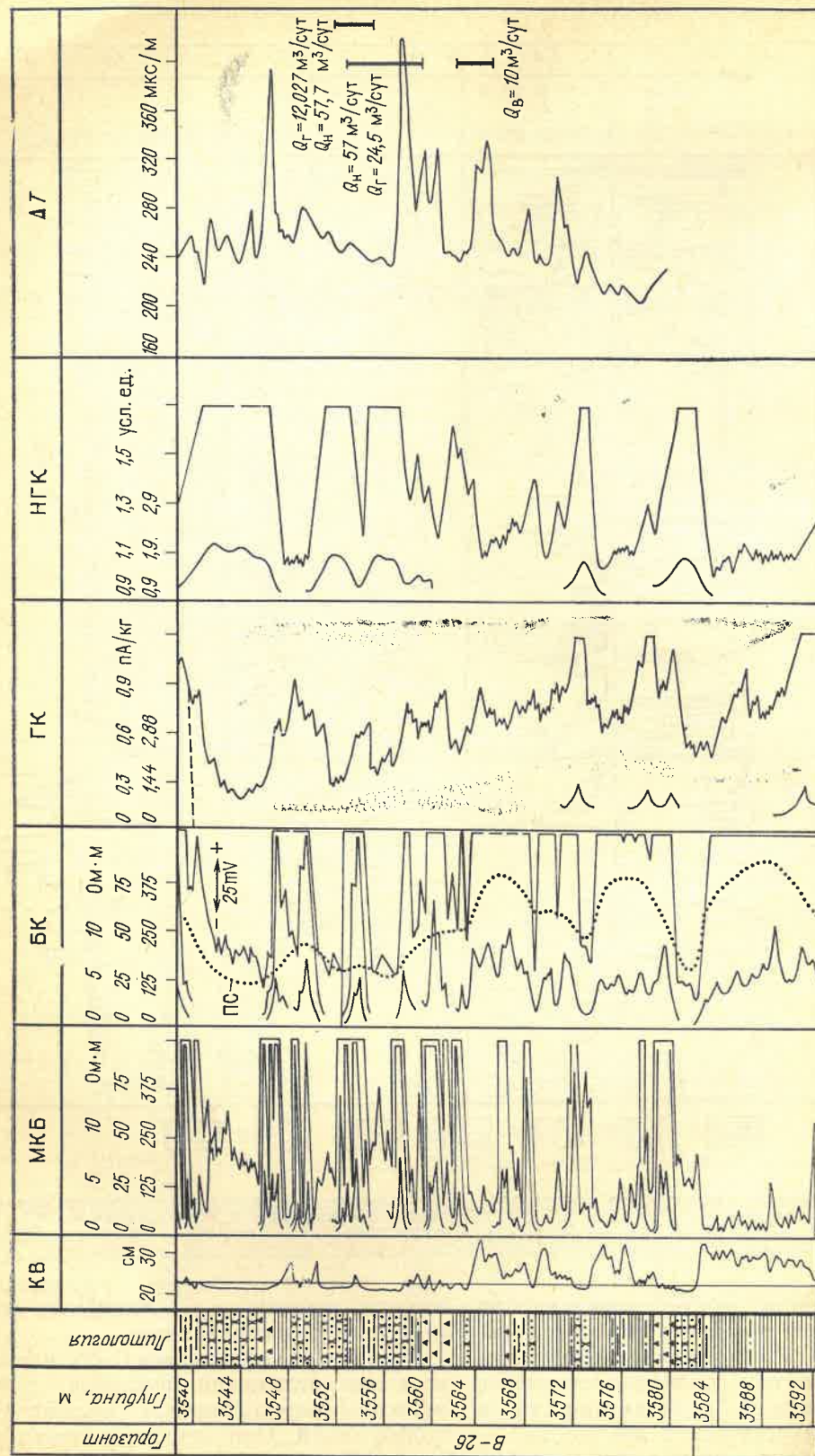


Рис. 3. Геофизическая характеристика аллювиально-пойменной и застойной субформаций

та представлена песчаниками, сравнительно лучше сортированными, олигомиктового и мономиктового (кварцевого) состава, алевролитами и аргиллитами гидрослюдисто-каолинитового состава с обилием обугленных растительных остатков. Примером могут служить отложения серпуховского яруса нижнекаменноугольной системы в северо-западной части впадины (рис. 2). Кривые сопротивлений при скважинной части пласта (БМК) на интервалах залегания руслового песчаника (2206—2186 м, 2158—2096 м) среднелифференцированы ($\xi_D \approx 0,6$); преобладают мелкозернистые разности ($D_{cp} = 0,15$ мм). Радиоактивность пород повышенная: для песчаников она колеблется в пределах 0,3—0,6 пА/кг, для глин 0,9—1,2 (интервал 2186—2166 м). Дифференциация кривых гамма и акустического каротажа более низкая, чем кривых БМК: $\xi_D \gg \xi_{гл} \approx \xi_{кп}$. Для руслового аллювия в основном характерна грубослоистая текстура пачек: $h_L \gg 4$ м, высокая степень песчаности ($K_{песч} > 0,7$).

Типичными отложениями аллювиально-пойменной и застойной субформаций являются нижневизейские горизонты (В-26, В-27) северо-западной части Днепровско-Донецкой впадины (рис. 3). По данным керна, они представлены кварцевыми, плохо сортированными песчаниками, каолинитовыми глинами с углистыми растительными остатками, прослоями углей, углистых аргиллитов и сухарных глин. По кривым каротажа достаточно уверенно определяется литологический состав и генезис этих осадков с учетом соответствия показателей: послойное соотношение дифференциации всех кривых $\xi_D \approx \xi_{гл} \approx \xi_{кп} < 0,5$; D_{cp} 0,3—0,05 мм; $h_L \leq 2$ м; $K_{песч} \leq 0,3$. Песчаники в основном тонкозернистые, с повышенной радиоактивностью 0,28—0,43 пА/кг, переслаивающиеся с высокоомными аномально радиоактивными аргиллитами (например, интервал 3592—3581 м) и углями, отличающимися высокими сопротивлениями и значениями интервального времени ΔT до 360 мкс/м (интервал 3564—3559 м). Слоистость песчаников неравномерная, на некоторых участках разреза наблюдается градационная слоистость регрессивного и трансгрессивного типов (интервал 3545—3541 м).

Последовательность и характеристика отдельных пластов вдоль их вкост простирания пород весьма изменчивы, что затрудняет корреляцию разрезов даже на небольшом расстоянии.

К равнинно-аллювиальной формации относят [1, 9, 10] отложения надводных частей речных дельт. В местах образования дельтовой долины аккумулируются сравнительно более тонкозернистые и лучше отсортированные пески по сравнению с русловыми. В гумидной климатической зоне интенсивно развиваются озерно-болотные осадки (каолинитовые глины, угли). Таким образом, по парагенезу литотипов и структуре песчаников отложения надводной дельты схожи с пойменной и застойной субформациями. Некоторое различие существует в текстуре пород: для надводной дельты характерны большие ($h_L \leq 4$) мощности песчаных тел и коэффициент песчаности разреза ($K_{песч}$ 0,5—0,7). Кроме того, часто наблюдается цикличность в осадконакоплении. Для выделения надводнодельтовой субформации (от пойменной или застойной) по данным ГИС необходим геологический анализ распространения песчаных тел и фациального парагенеза по латерали.

Морская подводнодельтовая (авандельтовая) формация широко развита в серпуховском и верхневизейском ярусах каменноугольных отложений в северо-западной и центральной частях Днепровско-Донецкой впадины (Талаевская, Анастасьевская, Солоховская и другие площади). Они представлены среднезернистыми, местами мелкозернистыми кварцевыми песчаниками, хорошо сортированными, переходящими по вертикали (трансгрессивная градационная слоистость) в алевролиты, глины и известняки. Фиксируются низкие значения сопротивлений (2—3 Ом·м) и естественной радиоактивности (0,2—0,3 пА/кг) песчаников и глин (соответственно 2—4 Ом·м, 0,5—0,7 пА/кг); отсутствие дифференциации кривых БК, БМК, ГК, ΔT в интервалах залегания песчаников: $D_{cp} \leq 0,5$ мм, $\xi_D \approx \xi_{гл} \approx \xi_{кп} \approx 0,9$ (рис. 4, интервал 3691—3685 м); постепенный переход в более мелкозерни-

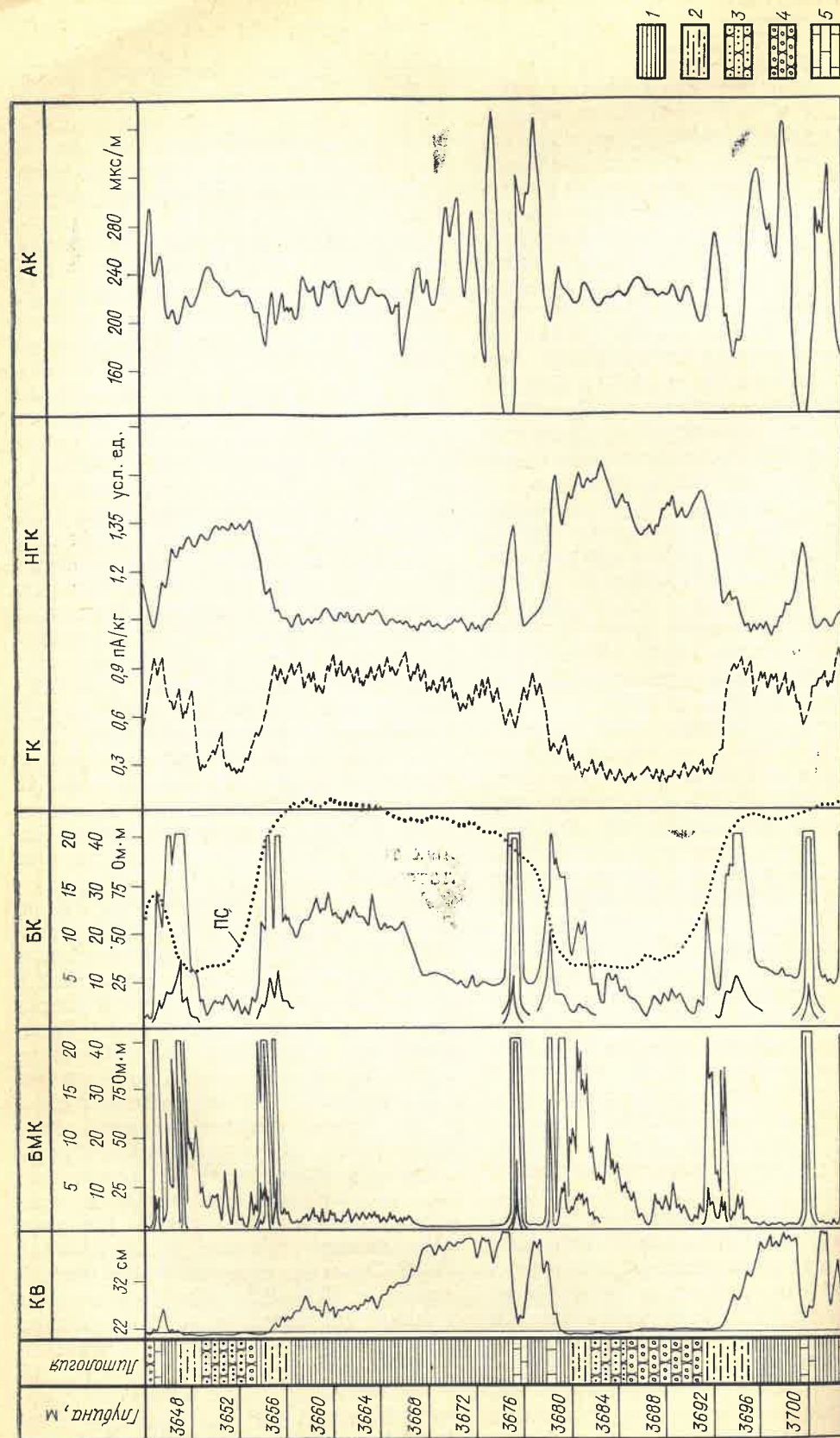


Рис. 4. Геофизические характеристики авандельской формации. С.ч. — скважина; 1 — глинистые; 2 — алевритовые; 3 — песчаные; 4 — известняки; 5 — известняки.

тый песчаник (интервал 3691—3682 м), алевролит (интервал 3682—3680 м), глину и известняк. Текстура пачки сравнительно однородная ($h_L \geq 4$ м), песчаность высокая ($K_{\text{песч}} \approx 0,8$).

Удаленные от русла части приустьевых бара обычно представлены алевролитами, глинами и сравнительно небольшими по мощности мелкозернистыми песчаниками, поэтому характер диаграмм комплекса ГИС меняется: повышаются сопротивление и радиоактивность в интервалах залегания алевролитов, снижаются значения ΔT , фиксируется размыв стенки скважины. Однако степень дифференциации кривых каротажа не ниже 0,5.

Иловая зона авандельты обычно представлена тонким горизонтальным переслаиванием алевролитов и глин и отличается от вышеописанных разрезов текстурой сообществ пород ($h_L < 2$ м) и отсутствием песчаных тел ($K_{\text{песч}} = 0$).

Морская терригенная волноприбойная формация включает отложения пляжей, баров, лагуны, различающиеся по геофизическим данным. Явные признаки пляжного генезиса имеют органогенно-обломочные песчанико-видные известняки палеоцена Тарханкутского полуострова (Крым). Это хорошо отсортированные и окатанные породы с низкой глинистостью и благоприятными емкостными (K_p 20—25 %) и фильтрационными свойствами. Они отличаются параметрами, характерными для классических песчаников — хороших коллекторов: слабая расчлененность кривых электрометрии ($D_{\text{ср}}$ 0,3—0,5 мм), радиоактивного и акустического каротажа ($\xi_D \approx \xi_{\text{гл}} \approx \xi_{\text{кп}} \approx 0,9$), неглубокая зона фильтрации промывочной жидкости в пласты (до 1 м). Естественная радиоактивность песчаников и глин низкая. Мощность песчаных тел превышает обычно 4 м; коэффициент песчаности высокий (более 0,7).

Следует отметить, что песчаники шельфовых баров от приустьевых невозможно различить только по данным ГИС без палеогеоморфологических реконструкций. Отложения лагун однозначно выделяются по характерному парагенезу литотипов.

Формации открытого шельфа. Разрез мелководного шельфа изучен нами на материалах каротажа и керна кембрийских отложений северо-восточной части Воыно-Подольской окраины Восточно-Европейской платформы. Песчаники преимущественно кварцевые с примесью полевых шпатов, тонко- и иногда среднезернистые. Алевролиты глинистые, аргиллиты тонкодисперсные, монтмориллонит-гидроslудистые. По данным каротажа, эти породы резко отличаются от рассмотренных выше глубокой (более 8 м) зоной фильтрации, фиксируемой зондами БКЗ, которая является следствием тонкозернистости ($D_{\text{ср}} \leq 0,15$ мм) и хорошей сортировки зерен. В результате кривые бокового и микробокового каротажа в интервалах залегания песчаников почти не дифференцированы, как и кривые ГК и АК ($\xi_D \approx \xi_{\text{гл}} \approx \xi_{\text{кп}} \approx 1$). Естественная радиоактивность песчаников низкая (0,14—0,21 пА/кг), емкостные и фильтрационные их свойства также невысокие (K_p 9—10 %) и значения ΔT редко превышают 210 мкс/м.

Глины имеют сопротивление порядка 3—5 Ом·м и сравнительно низкую радиоактивность (0,57—0,72 пА/кг). Постепенные переходы их в алевролиты и затем в песчаники создают расплывчатые границы пластов. Песчаность толщи не превышает 30 %.

Морская шельфовая слоистая карбонатная формация. Структура карбонатных отложений мелководно-морского шельфа при слабом поступлении обломочного материала с суши зависит от гидродинамической активности водной среды и определяется отношением содержания зерен и включений различного размера к содержанию микрита [2, 9, 10]. Кроме того, гидродинамический режим моря определяет парагенез литотипов мелководной карбонатной формации. Поэтому по комплексу скважинных геофизических исследований можно не только определить генетический тип осадков, но и характеризовать энергию водной среды.

При режиме спокойной и временно неспокойной воды формируются пелитоморфные известняки средней глинистости (В. Дж. Плюмлей, 1962 г.). На диаграммах каротажа они отличаются

высокими (до 250 Ом·м) удельными электрическими сопротивлениями, I_1 0,2—0,3 пА/кг, ΔT 170—180 мкс/м. Пласты известняков чередуются с тонкодисперсными низкоомными глинами (сопротивление до 5 Ом·м, I_1 0,5—0,7 пА/кг). Текстура известняков сравнительно однородная, а всей толщи весьма неоднородная, $h_L \leq 2$ м. Песчанистость близка к нулю.

При слабо и умеренно подвижном режиме осадконакопления наблюдается повышение алевритистой и песчаной фракций как в структуре карбонатов, так и в структуре толщ. Удельные электрические сопротивления известняков уменьшаются (100—150 Ом·м), глинистость возрастает (0,3—0,4 пА/кг), неоднородная структура способствует дифференциации кривых БК и БМК ($\xi_D \approx 0,5$), текстура пачек неоднородная, как и при спокойном гидродинамическом режиме.

В зоне разрушения волн формируются карбонатные породы с гравийно-песчаной размерностью зерен и небольшим содержанием микрита. Если пространство между зернами заполнено глиной, то породы имеют сравнительно низкие удельные сопротивления (60—80 Ом·м) и сравнительно высокую гамма-активность (0,4—0,6 пА/кг). При заполнении пор песчано-алевритовым материалом известняк становится коллектором с поровой емкостью, хорошо диагностируемым по комплексу ГИС.

По геофизическим данным в разрезе скважин кроме перечисленных можно различать мелководно-морскую рифогенную формацию, отложения средних и глубоководных зон шельфа и др.

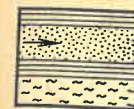
Генетический подход к интерпретации данных ГИС открывает возможность характеризовать условия образования осадочных толщ, вскрытых скважинами, осуществлять детальную попластовую корреляцию разрезов и формационных комплексов, выявлять закономерности распределения коллекторов в полифациальных осадочных бассейнах. Эти данные используются при прогнозировании геологических разрезов, в том числе при поисках неантиклинальных залежей углеводородов на Украине [7], при характеристике генетической принадлежно-

сти пород и изучении закономерностей распространения коллекторов в сложнопостроенных нижневизейских продуктивных горизонтах (В-26, В-27) в Днепровско-Донецкой впадине, верхнемеловых карбонатных отложениях Тарханкутского полуострова [4], мелководно-морских лагунных отложениях девона Волюно-Подольской окраины Восточно-Европейской платформы [8] и др.

Разработанные критерии определения генетических типов осадочных пород по данным геофизических исследований скважин можно применять при формационном анализе любого осадочного бассейна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабадаглы В. А., Джумагулов А. Л. Современное представление об условиях образования и фациальной зональности дельтовых отложений. Обзор. Геологические методы поисков и разведки месторождений нефти и газа. М.: ВИЭМС, 1982.
2. Достижения в нефтяной геологии/Пер. с англ. Под ред. Г. Д. Хобсона. М.: Недра, 1980.
3. Изотова Т. С., Радченко Н. Ф., Рябчин С. Д. Интерпретация данных каротажа сложных геологических разрезов. М.: Недра, 1975.
4. Изотова Т. С., Рябчин С. Д. Характеристика коллекторов нефти и газа карбонатных отложений Крыма по данным геофизических исследований скважин. — Геология и геохимия горючих ископаемых, 1983, № 60, с. 24—32.
5. Кобранова В. К. Физические свойства горных пород. М.: Гостоптехиздат, 1962.
6. Лукин А. Е. Формации и вторичные изменения каменноугольных отложений Днепровско-Донецкой впадины в связи с нефтегазоносностью. М.: Недра, 1977.
7. Методы поисков неантиклинальных залежей углеводородов на Украине/В. А. Бабадаглы, Г. И. Вакарчук, В. М. Гаврилюк и др. М.: Недра, 1982.
8. Опыт комплексного литолого-геофизического изучения газоносных среднедевонских отложений северо-восточной части Львовского палеозойского прогиба/В. М. Марковский, В. М. Рудниченко, Т. С. Изотова и др. — Геол. журн., 1986, № 4, т. 46, с. 67—72.
9. Попов В. И., Макарова С. Д., Филиппов А. А. Руководство по определению осадочных фациальных комплексов и толщ фациально-палеогеографического картирования. Л.: Гостоптехиздат, 1963.
10. Справочник по литологии/Под ред. Н. Б. Вассоевича, В. А. Либровича, Н. В. Логвиненко, В. И. Марченко. М.: Недра, 1983.



ГИДРОГЕОЛОГИЯ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

УДК 556.38

Б. Е. АНТЫПКО, Л. А. ОСТРОВСКИЙ (ВСЕГИНГЕО)

Классификация гидрогеологических структур

В последние годы Министерство геологии СССР приступило к созданию Государственного водного кадастра СССР (ГВК). Одним из основных водных объектов, по которым осуществляются ведение водного кадастра и систематизация данных по ресурсам, режиму и качеству подземных вод, является гидрогеологическая структура или бассейн подземных вод.

Отсутствие единого взгляда на типы и виды гидрогеологических структур и несоответствие известных их типизаций современному уровню знаний обусловило необходимость разработки новых принципов типизации гидрогеологических структур и бассейнов подземных вод. На основе этих принципов была составлена карта гидрогеологического районирования территории СССР масштаба 1:10 000, сопровождаемая Перечнем гидрогеологического районирования для ведения Государственного водного кадастра [3], а также карта гидрогеологического районирования территории СССР масштаба 1:2 500 000.

Первая типизация гидрогеологических структур на территории СССР была сделана М. М. Васильевским (1938, 1939 гг.), который выделил три вида структур: 1) бассейны подземных вод, приуроченные к впадинам, мульдам и другим отрицательным структурам; 2) гидрогеологические провинции, связанные со щитами и древними поднятиями; 3) гидрогеологические горно-складчатые области.

Следующая типизация была создана Н. И. Толстихиным (1959 г.), затем (1963, 1974 гг.) доработана им и И. К. Зайцевым [4] и позднее (1978 г.) типизация несколько детализирована [6]. В последней редакции в качестве основных типов структур выделяются гидрогеологические массивы, артезианские и вулканогенные бассейны. Гидрогеологические массивы представляют собой выступы фундамента на поверхности Земли, иногда пере-

крытые четвертичными отложениями. Трещинные воды, развитые в их пределах, образуют систему бассейнов стока подземных вод, нередко тесно связанных с грунтовыми водами четвертичных отложений. Артезианские бассейны сложены породами фундамента, содержащими трещинные воды, и образованиями осадочного чехла с преимущественным распространением пластовых артезианских и грунтовых вод. Вулканогенные бассейны, сложенные одноименными породами, перекрывают структуры гидрогеологических массивов и артезианских бассейнов.

Гидрогеологические массивы по геолого-структурным условиям делятся на пять типов, представленных различными горными породами: 1) интрузивными; 2) метаморфическими; 3) терригенными, карбонатными и вулканогенными, которые при сочетании антиклинальных условий залегания с положительными формами рельефа образуют адмассивы; 4) теми же породами при сочетании синклинальных условий залегания с положительными формами рельефа, образующими интермассивы; 5) слоистыми осадочными породами, которые при сочетании синклинальных условий залегания с отрицательными формами рельефа образуют адартезианские бассейны.

Артезианские бассейны классификации 1978 г. по геолого-структурным условиям делятся на четыре типа: 1) платформенные; 2) краевых прогибов; 3) орогенные; 4) горно-складчатых областей; последние в свою очередь делятся на 10 подтипов: межгорные, предгорные, передовых хребтов, латеральные, склоновые, медиональные, внутригорные, на погружении горных сооружений, нагорные, приводораздельные.

Вулканогенные бассейны подразделяются на четыре типа: бассейны суши, морей, океанов и бассейны переходного типа. Среди бассейнов суши

выделяются долинные, котловинные, вершинные, водораздельные и сложные.

Как видим, эта типизация гидрогеологических структур, весьма разнообразна по структурному положению и территориальной приуроченности, не содержит объективных гидрогеологических критериев, позволяющих четко с единых позиций проследить отличительные черты выделяемых структур.

Н. В. Роговской [5] приводится следующая типизация гидрогеологических структур: артезианские бассейны, бассейны трещинных вод, бассейны трещинно-пластовых и пластово-трещинных вод, супербассейны. В качестве артезианских рассматриваются бассейны преобладающего распространения пластовых подземных вод; бассейны трещинных вод — это бассейны преимущественно трещинных, трещинно-жильных и карстовых вод; бассейнами промежуточного типа между двумя вышеперечисленными крайними типами структур являются бассейны трещинно-пластовых и пластово-трещинных вод, которые могут иметь как мульдообразное синклинальное, так и антиклинальное строение в сочетании с положительными или отрицательными формами рельефа. Супербассейны — это наложенные бассейны вулканогенных структур. Эта классификация не выдерживает терминологически единого принципа: для одних бассейнов за основу принята форма водосодержащего тела (пласт), для других — форма водосодержащих пустот (трещина), для третьих — сочетание и тех, и других (пласт — трещина), а для четвертых — условия залегания (наложение одной структуры на другую).

Общими недостатками упомянутых выше типизаций гидрогеологических структур является полное отсутствие в них каких-либо количественных объективных критериев для оценки их водно-емкостных и фильтрационных свойств, а также то, что они не отражают того разнообразия бассейнов подземных вод, которое выявлено за последние годы в связи с возросшей гидрогеологической изученностью территории Союза ССР.

Исследования авторов, связанные с изучением различных видов гидрогеологических структур и бассейнов под-

земных вод, привели их к выводу о необходимости базироваться на характере и величине водопроницаемости горных пород, слагающих структуры, которые в свою очередь определяются формами водосодержащих пустот и морфологией тел скопления подземных вод (или типами их скопления).

В связи с обилием гидрогеологических терминов, в которые вкладывается различный смысл, целесообразно пояснить содержание применяемых терминов, касающихся форм и типов скопления подземных вод.

Подземные воды	Характеристика
Поровые	Гравитационные, находящиеся в сообщающихся порах горных пород
Трещинные	Гравитационные, находящиеся в сообщающихся макро- и микротрещинах горных пород
Карстовые	Гравитационные, находящиеся в карстовых пустотах
Трещинно-каверновые	Гравитационные, находящиеся в кавернах эффузивных пород

Типы скопления подземных вод, выделенные на основе степени литификации пород, их тектонической и экзогенной дезинтеграции, различаются емкостными и фильтрационными свойствами. Эти свойства авторы рассматривают как сложную функцию, зависящую от ряда факторов: генезиса отложений, эволюции осадочных пород в процессе прогрессивного литогенеза и последующей дезинтеграции их при регрессивном ходе литогенеза и постседиментационной складчатости, от региональной метаморфизации пород при геосинклинальной складчатости и орогенезе, локальной метаморфизации при вулканизме и тектонических нарушениях в постскладчатые эпохи, региональной дезинтеграции метаморфических и магматических пород на больших глубинах в ходе регрессивного метаморфизма и релаксации.

При разработке теоретического обоснования типизации скоплений подземных вод, отличающихся друг от друга морфологией тел скопления, в качестве исходных позиций принимались следующие:

1) теория прогрессивного и регрессивного литогенеза с использованием степени углефикации растительных ос-

татков в качестве объективного критерия стадийности и этапности этого процесса (Н. Б. Вассоевич, Н. М. Страхов и др.);

2) теория пропорционального регионального метаморфизма ископаемых углей и вмещающих пород (М. В. Левенштейн, А. Н. Думлер и др.);

3) изучение формирования вторичных трещинных коллекторов в чехле седиментационных бассейнов (Е. М. Смехов, Н. А. Минский и др.);

4) исследования глубинного расщепления горных пород под влиянием регрессивного метаморфизма и релаксации по данным Кольской сверхглубокой скважины (В. Д. Безроднов, Л. В. Боровский, Г. С. Варта- нян и др.);

5) современные теории структурно-тектонического строения земной коры в пределах платформ и горно-складчатых областей (М. В. Муратов, В. Е. Хаин);

6) исследования по количественной оценке фильтрационных свойств осадочных пород на различных стадиях литогенеза (О. В. Сухопольский).

Анализ большого количества данных, полученных за последние годы, и использование фактического материала более раннего периода в свете современных взглядов, позволили разработать классификацию подземных вод по типам их скопления, связанных с определенными формами геологических тел.

Тип подземных вод	Характеристика коллектора
Пластовый	Пласты повсеместно пронизываемых осадочных горных пород с поровыми, трещинными и карстовыми формами пустот
Жильный	Линейные зоны дробления разрывных дислокаций горных пород с трещинными формами пустот
Блоково-пластовый	Блоки повсеместно пронизываемых осадочных горных пород (возможно с наличием водоупорных прослоев внутри блоков) с поровыми, трещинными и карстовыми формами пустот по пластам и с жильным типом скопления по ограничивающим блоки линейным зонам дробления
Пластово-блоковый	Блоки слабопроницаемых осадочных и вулканогенно-осадочных пород; более проницаемые пласты и уча-

Блоковый

Коровый

Покрово-поточный

стки внутри блоков с трещинными, редко с поровыми формами пустот, с жильным типом скопления по линейным зонам разломов, ограничивающим блоки

Блоки весьма слабо и неравномерно пронизываемых горных пород различного генезиса (магматических, осадочных метаморфизованных) с трещинными формами пустот внутри блоков, с жильным типом скопления по линейным зонам дробления, ограничивающим блоки

Регионально пронизываемые площадные коры выветривания горных пород различного генезиса, с трещинными и карстовыми формами пустот (зоны экзогенной трещиноватости)

Неравномерно пронизываемые вулканические тела (лавовые покровы, потоки, поля) с трещинными, поровыми, каверновыми формами пустот

Прежде чем перейти к следующей классификации гидрогеологических структур, вытекающей из приведенной классификации подземных вод и тесно с ней связанной, укажем, что в качестве гидрогеологической структуры рассматривается геологическая структура (положительная или отрицательная), часть ее или совокупность нескольких геологических структур, объединенных общностью условий распространения и формирования подземных вод. В качестве бассейна подземных вод рассматривается регионально обводненная гидрогеологическая структура с преобладанием того или иного типа скопления подземных вод или с определенным сочетанием типов скопления подземных вод.

При разработке классификационного ряда бассейнов подземных вод была использована установленная Б. Е. Антыпко [1] корреляционная зависимость между генезисом пород, их структурно-тектоническим положением с одной стороны и емкостными, фильтрационными свойствами и типами скопления подземных вод с другой.

Ниже приводится ряд гидрогеологических структур, переходящих друг в друга в процессе историко-геологиче-

ского развития гидрогеосферы, и отличающихся друг от друга формами водосодержащих пустот, морфологией тел скопления подземных вод, водно-емкостными и фильтрационными свойствами пород.

Бассейн пластовых вод — гидрогеологическая структура с пластовым типом скопления вод, сложенная осадочными породами в стадии диагенеза и раннего этапа катагенеза (торфолигнитно-буроугольная стадия метаморфизации растительных остатков), реже с прослоями вулканогенно-осадочных и вулканогенных пород; с минимальными значениями региональной сингенетической пористости и эпигенетической микротрещиноватости 10—15 %; с региональной проницаемостью от тысячных долей до десятков мкм² и более. Бассейнами пластовых вод является большая часть бассейнов платформенных и межгорных впадин, осадочный чехол которых может быть сложен породами различного генезиса: морского, прибрежно-морского, континентального, вулканогенного. По составу породы обломочные (с крупностью обломков от глинистых до гравийно-галечных и валунных), карбонатные, галогенные, хемогенные, эффузивные и эффузивно-обломочные. Одни бассейны (мелкие и неглубокие) могут содержать однотипные по генезису и составу породы — например, Прибалхашский, его чехол мощностью около 1—2 тыс. м сложен кайнозойскими песками континентального происхождения. Другие крупные и глубокие бассейны (например, Восточно-Европейский) выполнены морскими и континентальными отложениями палеозойского и мезозойского возраста самого различного состава — глинами, песками, песчаниками, мергелями, известняками, опоками и другими, мощностью в несколько тысяч метров. При наличии региональных водоупоров в осадочном чехле бассейны пластовых вод рассматриваются как бассейны напорных и высоконапорных вод, (синоним артезианского бассейна); при отсутствии водоупоров выделяются бассейны субнапорных и субнапорно-безнапорных вод, которые не могут рассматриваться в качестве артезианских бассейнов.

Бассейн блоково-пластовых вод — впервые выделяемая гидрогеологическая структура с блоково-пластовым типом скопления подземных вод. Внутри блоков степень литификации осадочных горных пород, средние значения их пористости, микротрещиноватости, региональной проницаемости те же, что и в описанных выше бассейнах пластовых вод. По зонам разломов, ограничивающим блоки, проницаемость увеличивается до 1 мкм² и более. Бассейны блоково-пластовых вод формируются из бассейнов пластовых вод (и их частей), подвергавшихся воздействию тектонических сил, которые привели к расчленению осадочного чехла разломами на отдельные блоки, как правило, смещенные в пространстве относительно друг друга. Происходит как латеральное (по пластам) движение подземных вод, так и восходящее — нисходящее (по трещиноватым зонам разломов).

Наглядным примером бассейна блоково-пластовых вод может служить своеобразное горное поднятие Байсунтау (юго-западные отроги Гиссарского хребта), сложенное с поверхности мезозойскими и кайнозойскими отложениями, в составе которых значительная роль принадлежит известнякам, ангидритам, каменным и калийным солям. В структурном плане эти отложения представляют чехол эпипалеозойской платформы, вплотную примыкающей к горным сооружениям Тянь-Шаня.

Фундамент и осадочный чехол платформы в процессе новейших тектонических движений испытали значительный подъем, сложную складчатость и интенсивную раздробленность на разновеликие блоки. Основные структурные элементы осадочного мезозойско-кайнозойского чехла и палеозойского складчатого фундамента совпадают: приподнятым блокам фундамента соответствуют двусторонние горст-антиклинали чехла, грабенам фундамента — синклинальные структуры чехла. Широко развитые дизъюнктивные нарушения разбивают все структуры на еще более мелкие блоки и глыбы. Сочетание структурно-тектонических особенностей с глубокой расчлененностью рельефа и с составом пород, способных к растворению, привело к спе-

цифическим особенностям этого бассейна: горст-антиклинали представляют собой либо глубоко сдренированные останцовые поля карстующихся известняков с очень крупными формами пустот (десятки и сотни метров), либо останцы трудно поддающихся выветриванию сливных песчаников. В грабен-синклиналях, сложенных чередованием водопроницаемых и водоупорных осадочных пород, содержатся пластовые подземные воды. Отдельные блоки сообщаются, но большинство из них изолированы друг от друга.

Широко развиты бассейны блоково-пластовых вод в пределах горных поднятий молодых орогенных геосинклинального и эпигеосинклинального этапов развития. Так, по данным А. И. Сержникова, в одном из высокогорных районов Камчатки вблизи действующих вулканов Мутновский и Горелый осадочные отложения палеогена, залегающие под сдренированным покровом вулканогенных образований, разбиты густой сетью разломов, придающих району блоковый характер. Степень литификации пород внутри блоков слабая, вблизи разломов она несколько увеличивается, достигая наибольших значений в куполах разгрузки термальных вод. Глубинные флюиды, поднимаясь вверх по разломам, на определенных глубинах (1—2 км) встречают пластовые потоки подземных вод атмосферного происхождения, смешиваются с ними и, поднимаясь вверх по разломам до дневной поверхности, разгружаются в пределах вулканогенного плато в виде горячих источников.

Аналогичную картину представляет собой Псекупское месторождение термальных железистых вод, расположенное на контакте северного склона Главного Кавказского антиклинория и Азово-Кубанского прогиба. По материалам И. А. Борзенкова, здесь в блоки осадочных пород по шовным зонам поступают глубинные воды и, двигаясь по пластам, поднимаются по разломам до дневной поверхности, где разгружаются родниками.

Имеются веские доказательства блоково-пластовой структуры отдельных частей койлогенных и криптогенных платформенных бассейнов. Так, О. А. Иванова, учитывая характер измене-

ния пластовых давлений, делает вывод о блоковом строении глубоких водоносных горизонтов Восточно-Предкавказского бассейна; здесь, по ее наблюдениям, гидродинамическая связь между блоками может быть самой различной интенсивности — от весьма активной до весьма слабой и полностью отсутствующей; но внутри блоков пластовое движение подземных вод осуществляется повсеместно. Исследования Н. В. Бастраковой северо-восточной и юго-восточной окраин Московского бассейна, основывающиеся на материалах гидрохимического, газового, термального опробования скважин и гелиевой съемки, указывают на блоково-пластовую структуру этих частей бассейна.

Бассейн пластово-блоковых вод представляет собой гидрогеологическую структуру с пластово-блоковым типом скопления подземных вод. Сложен бассейн литифицированными осадочными породами в стадии среднего этапа катагенеза (каменноугольная стадия метаморфизации растительных остатков), иногда с подчиненными прослоями вулканогенно-осадочных и вулканогенных пород. Внутри блоков региональная пористость очень низкая (2—6 %), реже до 10 %, проницаемость менее тысячных долей квадратного микрометра, но по отдельным пластам или участкам пластов и по зонам разломов, ограничивающим блоки, проницаемость достигает десятых долей квадратного микрометра и более. Бассейн пластово-блокового типа можно рассматривать в качестве синонима адартезианского бассейна или гидрогеологического адмассива, в зависимости от структурного положения слагающих его пород.

Структурное положение бассейнов пластово-блоковых вод разнообразное, но достаточно определенное: краевые и предгорные прогибы кратогенных платформ, авлакогены койлогенных платформ (Донбасс, Мангышлак и др.); в пределах эпиплатформенных орогенных — поднятия и впадины, сложенные верхними ярусами геосинклинальных комплексов и орогенными ярусами, а также средне-позднепалеозойские впадины, наложенные на более древние сооружения: в пределах эпигеосинклинальных орогенных — это

горные сооружения, сформированные отложениями нижних геосинклинальных ярусов.

Общим для всех структур пластово-блокового типа является значительная региональная проницаемость пород лишь в зоне экзогенной трещиноватости и закарстованности, мощность которой в них может достигать 200 м и более. Фильтрационные свойства пород в пределах этой зоны весьма неравномерны, так как зависят от их состава, текстуры и структуры. Ниже этой зоны движение подземных вод осуществляется в основном по зонам эндогенной трещиноватости, представляющей собой как плоскости, ограничивающие блоки, так и проникающие внутрь блоков отдельные участки или пласты. На некоторых участках породы могут сохранить пористость; подземные воды этих внутриблоковых трещиноватых или пористых зон либо связаны с нисходяще-восходящими водами по плоскостям, ограничивающим блоки, либо изолированы от них и представляют собой замкнутые в пространстве системы, что подтверждается результатами гидрогеологического опробования скважин.

Характерным примером пластово-блоковой структуры может служить Тенизская впадина, сложенная сильно литифицированными осадочными породами с прослоями каменных углей и эффузивных образований палеозоя (от среднего девона до верхней перми включительно) общей мощностью до 7000 м, которые под зоной экзогенной трещиноватости практически безводны, вне зависимости от возраста и состава пород. По данным А. А. Клубова региональная пористость этих пород 1—6 % с проницаемостью $7 \cdot 10^{-5}$ мкм². И только в районах сложной тектонической дислоцированности слоев на различных глубинах в отдельных блоках встречаются подземные воды, резко отличающиеся друг от друга химическим и газовым составом, минерализацией, температурой и величиной напоров, что свидетельствует об отсутствии или крайне ограниченной связи между ними. Такие воды были вскрыты двумя глубокими скважинами, расположенными на сравнительно небольшом расстоянии друг от друга (до 10 км). Одна из них

на Истембетском поднятии у южного борта впадины на глубине 2331—2340 м вскрыла солоноватую воду (4 г/л) хлоридного натриевого состава; вторая скважина, ближе к центру впадины, на значительно меньшей глубине (1376—1396 м) вскрыла рассолы (159,6 г/л) хлоридного кальциевого состава.

В Кузнецкой впадине, основная часть которой сложена палеозойскими породами, по данным О. В. Постниковой, М. А. Кузнецовой и О. В. Сухопольского, ниже зоны экзогенной трещиноватости водоносны лишь зоны трещиноватости, связанные с разломной тектоникой. В центральных частях впадины вне этих зон породы практически безводны: дебиты скважин капельные, исчисляемые тысячными и десятитысячными долями литра в секунду при понижениях уровня на 500—700 м. Водообильность пород несколько увеличивается в краевых частях впадины, где тектоническая дислоцированность значительно активнее. Аналогичные данные приводятся М. А. Бурлаковой по Минусинской впадине. Здесь ниже зоны экзогенной трещиноватости (100—150 м) до глубины 600—700 м породы слабопроницаемы, с очень низкой водообильностью; пористость пород вниз по разрезу уменьшается (достигая в среднем 3—6 %), а плотность увеличивается от 2,4 до 2,6 г/см³; глубже, вплоть до фундамента впадины, породы практически безводны, воды в них встречаются лишь на локальных участках и по зонам разломов. Из 20 опробованных на этих глубинах скважин в семи — данные по составу вод, минерализации и напорам увязывались между собой, в остальных же 13 они несопоставимы, что подтверждает пластово-блоковое строение бассейна.

Горные бассейны пластово-блоковых вод широко развиты на Кавказе, где склоны Главного Кавказского антиклинария сформированы сложно дислоцированными флишевыми толщами юры и мела, включающими каменные угли (бат). По геофизическим данным, эти породы в Гагринско-Джавской зоне отличаются весьма неравномерной пористостью от 1 до 29 % (средняя 2—4 %), при соответствующих колебаниях плотности от 1,9 до 2,7 г/см³.

(средняя 2,4—2,5 г/см³). По мнению Ю. П. Аземко, флишевые толщи Большого Кавказа обладают региональной проницаемостью лишь в зоне экзогенного разрушения; они разбиты разломами на разновеликие блоки, при этом тектонические нарушения, которые сформировались как зоны сжатия и трения, непроницаемы и неводоносны (это разломы, совпадающие по простиранию с Главным Кавказским хребтом), секущие их разломы, залеженные в зонах растяжения, водоносны и ниже зоны экзогенной трещиноватости. Вне зон разрывных дислокаций и дробления по отдельным пластам флишевые толщи монолитны и безводны и только на отдельных участках внутри некоторых блоков сохраняются поры и микротрещины диагенетического происхождения.

На блоковое строение флишевой толщи на южном склоне Большого Кавказа и неравномерный характер ее проницаемости и водоносности указывают И. М. Буачидзе и другие, выделяющие здесь ряд так называемых водонапорных систем (Абхазская, Сванетская, Местия-Тианетская, Казбе-Мтатшетская и др.), в которых ниже зоны экзогенного разрушения водопроницаемость юрских и меловых отложений обусловлена только трещиноватостью, вызванной тектоническими разрывами и складчатостью. Вне зон дробления эти породы практически водопроницаемы или весьма слабопроницаемы. Здесь, так же как и в других районах Большого Кавказа, водоносны лишь разломы в зонах растяжения.

Восточно-Сахалинская горно-блоковая зона, сложенная породами верхнего мела, палеогена и нижнего миоцена, является примером пластово-блокового бассейна в пределах сооружения тихоокеанского тектогенеза. Нор-мально-осадочные породы содержат разрывы и включают каменные угли (в перекрывающих отложениях среднего миоцена встречаются только бурые угли). В результате геофизических исследований В. Н. Луговой, Н. Г. Троновой и другими установлено, что палеозойские породы имеют здесь региональную пористость 3—5 %, а плотность 2,6 г/см³. Верхнемеловые сильно уплотненные и дислоцированные от-

ложения обладают неравномерной пористостью и плотностью: в региональном плане пористость составляет 5—6 %, а плотность 2,6 г/см³, но в отдельных прослоях пористость увеличивается до 11—12 %, а плотность снижается до 2,4—2,5 г/см³ (в этих прослоях возможно пластовое движение подземных вод). Примерно такие же физические характеристики имеют породы палеогена и нижнего миоцена — пористость 6—7 %, а плотность 2,5—2,6 г/см³ и лишь в отдельных прослоях они равны соответственно 11—13 % и 2,4—2,5 г/см³.

Таким образом, довольно уверенно можно утверждать, что под мощной толщей пород плиоцена и верхнего миоцена (более 4000 м), обладающих достаточно высокой региональной пористостью (14—29 %) и пониженной плотностью (2,1—2,3 г/см³), расположен палеоген-миоценовый бассейн пластово-блоковых вод с характерным для него сочетанием восходяще-нисходящего движения по разломам и латерального движения по отдельным пластам и участкам пластов.

Бассейн блоковых вод — впервые выделяемая гидрогеологическая структура с блоковым типом скопления подземных вод. Характерная ее черта — сочетание неравномерно проницаемых (от монолитных практически водонепроницаемых до весьма слабо- и слабопроницаемых) разновеликих блоков магматических и метаморфических горных пород с ограничивающими их проницаемыми трещиноватыми зонами тектонического происхождения — плоскостями разломов и горизонтами регионального разуплотнения или расланцевания.

В структурном плане бассейны блоковых вод обычно связаны со щитами платформ, срединными массивами и комплексами оснований горно-складчатых сооружений, обновленных молодой и новейшей тектоникой. Кольская сверхглубокая скважина [2] показала, что под зоной экзогенного выветривания мощностью в среднем 800 м залегает монолитная толща зеленокаменных метаморфических сланцев, открытая пористость которых не превышает 1 %, а региональная проницаемость менее 10^{-8} — 10^{-9} мкм². Эта толща мощностью 4 км

проницаема на локальных участках только по разломам растяжения субвертикальной ориентации, (субгоризонтальные разломы — разломы сжатия — непроницаемы), водоносные трещиноватые зоны представляют собой изолированные системы, содержащие рассолы специфического состава, указывающего на возможность их седиментационного происхождения.

В интервале 4—9 км такие монолитные толщи неравномерно чередуются с толщами трещиноватых и расщепленных пород, образующих зоны мощностью 500—800 м; частота их встречаемости и мощность увеличиваются вниз по разрезу до глубины 9 км, после чего резко уменьшаются. Эти зоны регионального тектонического разуплотнения насыщены гравитационными подземными водами, о чем говорит постоянный приток в ствол скважины, хотя водообильность трещиноватых пород невелика ($K_f = 10^{-7}$ м/сут, что на 1—2 порядка выше, чем в монолитной части).

Бассейн покрово-поточных вод — синоним вулканогенного супербассейна — гидрогеологическая структура с покрово-поточными и пластовыми скоплениями подземных вод, сложенная молодыми неизмененными эффузивными и эффузивно-осадочными породами. Региональная проницаемость пород неравномерная, зависящая от их состава: минимальная в монолитных базальтах, разбитых трещинами усыхания и выветривания, максимальная в пористых туфах, где может достигать 60 %. Эти бассейны широко развиты на Малом Кавказе, Камчатке, менее широко распространены в пределах Приморья, Катазиатского вулканогенного пояса и в Забайкалье.

Некоторые из выделенных бассейнов существуют в природе самостоятельно, но обычно они комбинируются в геологическом пространстве, отражая процесс историко-геологического развития того или иного региона.

Выделенный ряд гидрогеологических структур, помимо тесной связи в своей эволюции со степенью региональной литификации осадочных пород, находится в четкой корреляционной зависимости от структурно-тектонического положения. Так, на платформах койлогенного развития, в условиях отно-

сительного тектонического покоя, так же как в мезозойских и кайнозойских впадинах, наложенных на разновозрастные эпиплатформенные складчатые сооружения и щиты, развиты в основном бассейны пластовых вод.

На платформах кратогенного режима, подверженных активному тектоническому воздействию, особенно в краевых прогибах платформ, развиты бассейны блоково-пластовых вод; бассейны такого же типа часто приурочены к краевым прогибам койлогенных платформ, к адырным зонам крупных межгорных впадин. В эпигеосинклинальных орогенах и в горных сооружениях тихоокеанского тектогенеза со структурами, сложенными породами верхних ярусов геосинклинальных комплексов и орогенными комплексами, как правило, также формируются бассейны блоково-пластовых вод.

Бассейны пластово-блоковых вод приурочены в основном к инверсионным авлакогенам платформ, а в пределах горно-складчатых сооружений — к структурам, сложенным геосинклинальными комплексами герцинид, альпид и тихоокеанского тектогенеза, породами орогенных ярусов палеозойской и мезозойской эпох складчатости. Такие бассейны формируются также в наложенных средне-позднепалеозойских и мезозойских впадинах, подвергшихся влиянию тектонических движений.

В щитах платформ, в горных сооружениях, сложенных древними основаниями всех эпох складчатости и геосинклинальными комплексами допалеозойских и палеозойских (догерцинской) эпох, формируются, в зависимости от последующей тектонической активности, бассейны блоковых вод.

Приведенная типизация гидрогеологических структур помимо своего прямого назначения для ведения Государственного водного кадастра содержит большие возможности применения при решении ряда практических задач: при направлении поисков подземных вод различных видов, при выделении структур, перспективных для водоснабжения, захоронения жидких промышленных отходов; в период полевого проектирования она создает возможность обоснования глубинности

изучения разреза, дифференциации детальной изучении структур по площади, выбора необходимого масштаба исследований и др.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антылко Б. Е. Гидрогеологические емкости горно-складчатых областей. М.: Недра, 1986.
2. Боровский Л. В., Вартаган Г. С., Куликов Г. В. Гидрогеологический очерк. — В кн.: Кольская сверхглубокая. М., 1984, с. 245—250.

УДК 550.43 : 553.216

В. И. ПЕТРЕНКО, А. Я. ДОГОТЬ (СевКавНИИгаз)

Механизм пневмогидравлической квазикавитации

До последнего времени предполагалось, что схлопывание кавитационных пузырьков может происходить в жидких флюидах только при их движении с большими скоростями в переменных сечениях [4, 6]. По-видимому, в природе могут возникать соответствующие условия, при которых магма и водные растворы перемещаются с высокими скоростями, однако в земной коре быстрое движение флюидов — явление редкое. Результаты наших исследований свидетельствуют о том, что при наличии докритических параметров для воды процессы, аналогичные схлопыванию кавитационных пузырьков, могут происходить и в статической флюидной среде. Поэтому указанный процесс должен наблюдаться в природе значительно чаще, причем на самых различных этапах земной коры.

Протекание квазикавитационного процесса обусловлено прежде всего одновременным, постоянным и повсеместным присутствием природных газов и воды. Все оболочки планеты насыщены водой [3, 8]; общее содержание ее в мантии В. Ф. Дерггольц оценивает в $2 \cdot 10^{25}$ г, или $1,96 \cdot 10^{25}$ см³. По подсчетам М. И. Львовича, объем гидросферы составляет $1,454 \cdot 10^{24}$ см³, из них $64 \cdot 10^{21}$ см³ приходится на подземные воды. Все оболочки Земли насыщены наряду с водой природными газами, что подтверждается экзогенным и эндогенным вулканизмом, флюидными включениями в породах самого различного генезиса, наличием скоплений свободного газа и залежей кристаллогидратов. По оценке В. А. Соколова [14], общее количество газов, сконцентрированных в оболочках Земли, включая верхнюю мантию, составляет $438 \cdot 10^{21}$ г, или $345,6 \cdot 10^{24}$ см³ (при нормальных физических условиях).

В результате экспериментальных исследований установлено, что в равновесии с водой природные газы насыщены паром, причем с ростом температуры доля паров воды возрастает, и при значениях, близких к критическим, может достигать 50—90 % [10]. Важно

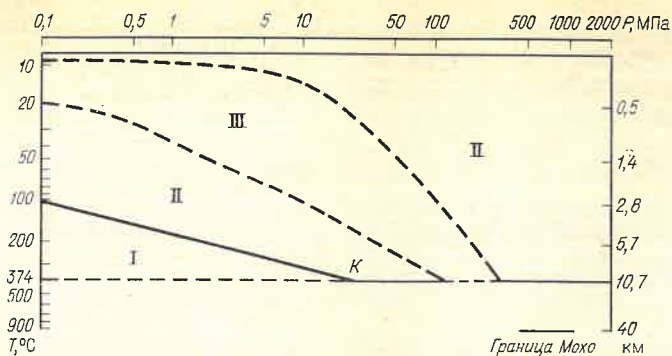
отметить, что насыщение газов влагой как в экспериментальных установках, так и в пластовых условиях происходит практически мгновенно (В. И. Попов, 1966 г.).

При повышении влагоемкости газов они способны поглощать не только остаточную воду газонасыщенных коллекторов, но и связанную воду глинистых пород, что было обнаружено при прокачке сухого газа через глинистые образцы [5]. В редких случаях через пласты мигрировало такое количество газа, которого было достаточно для испарения всей насыщающей их воды [16].

Следовательно, свободные газы, контактируя с водой в земной коре, в условиях докритических параметров воды, всегда представляют парогазовыми смесями, влагонасыщенность газов (фактическое влагонасыщение при текущих давлениях и температурах), в которых, как правило, равна их влагоемкости (теоретически возможное растворение воды при тех же P и T). Соответствие влагонасыщенности природных газов их влагоемкости по экспериментальным данным доказано многочисленными прямыми измерениями количества влаги, присутствующей в газах газовых и газоконденсатных месторождений [7]. Таким образом, благодаря растворимости в газах вода превращается в пар в «запретной» зоне (рисунок), так как P и T в этой области допускают присутствие чистой воды только в жидкой фазе.

В зонах земной коры, характеризующихся докритическими параметрами для воды, последняя содержит огромные объемы растворенного газа, причем есть области с предельной газонасыщенностью вод [8], что имеет принципиальное значение для возникновения квазикавитации. Именно в таких зонах в первую очередь будут наблюдаться квазикавитационные процессы; механизм проявления их заключается в следующем.

В предельно насыщенном газом гидродинамической системе происходит изотермическое



Фазовое состояние воды в области земной коры с докритическими параметрами

Зоны: I — вода может находиться только в виде пара; II — вода не в смеси с газами может находиться только в жидкой фазе; III — вода в смеси

с газами находится в паровой фазе в «запретной» области (т. е. в зоне II); шкала глубин нанесена для геотермического градиента 3,5 °C/100 м; K — точка критических P и T для чистой воды

понижение давления под воздействием различных природных процессов [1], и часть газа выделяется. Находясь в поровом пространстве пород, газ не может быстро сегрегировать и остается в гидродинамическом бассейне в виде многочисленных пузырьков, которые в момент их образования мгновенно поглощают часть воды в результате испарения ее внутри газовой фазы (интраиспарение воды), превращаясь в пузырьки парогазовой смеси. Подчеркнем, что вода удерживается в виде пара благодаря выделившемуся из раствора газу. В силу других процессов флюидные давления в гидродинамической системе начинают возрастать, что не противоречит наблюдаемым в природе явлениям [1]. Газ начинает растворяться в воде, постоянно удерживая в уменьшающемся пузырьке соответствующую массу водяного пара. По мере возрастания давления и в процессе растворения газа наступает такой момент, когда количество молекул газа соответствует минимальному числу их в «зародышевом» газовом пузырьке, который при дальнейшем увеличении давления в системе должен исчезнуть. Однако пузырек парогазовой смеси превосходит размер «зародышевого» на объем водяного пара, в связи с чем с «исчезновением» газа должно произойти схлопывание пузырька водяного пара. Схлопывание кавитационного пузырька сопровождается выделением значительной энергии [6]. Интересно оценить количество выделяемой энергии при схлопывании остаточного пузырька водяного пара после растворения газа в воде. Явление самопроизвольного увеличения объема зародившегося пузырька газа за счет интраиспарения воды (дополнительное создание газовой «каверны» в жидкости) с последующим схлопыванием остаточного водяного пара мы предварительно назвали пневмогидравлической квазикавитацией.

Количество выделяемой энергии для случая исчезновения пузырька газовой смеси, состоящей из метана и водяного пара, оценивалось нами следующим образом.

Для простоты предположим, что в рассматриваемой модели раствор в начальном состоянии пересыщен газом, а в конечном — он полностью растворяется. При этом пузырьки оказываются заполненными насыщенным водяным

паром и практически мгновенно схлопываются, после чего в центральной области образуется пик давления и от центра распространяется ударная волна. Таков основной механизм выделения концентрирующей при схлопывании энергии. Энергию, выделившуюся при схлопывании N пузырьков, содержащихся в единице массы пластовой воды, можно оценивать на основе приближения Рэлея [6]

$$\epsilon = P^* V_c N,$$

где P^* — конечное давление, соответствующее полному растворению газа; V_c — объем пузырька в момент полного растворения (т. е. к началу катастрофического схлопывания).

Для определения V_c воспользуемся основным уравнением состояния природных газов. Рассмотрим отношение объемов V_c и V_0 массы газа, соответствующих содержанию пузырька при $P^* = P_n$ и P^* (P_n — начальное давление, P_n — давление насыщенного пара):

$$\frac{P^* - P_n}{P_n} \cdot \frac{V_c}{V_0} = \frac{Z(P^* - P_n)}{Z(P_n)} \times \frac{W(P^*) - W(P_n)}{W(P^*) - W(P_n)}.$$

Здесь $Z(P)$ — коэффициент сверхсжимаемости природных газов как функция давления, W — растворимость газа (в единицах объема на единицу массы), приведенная к нормальным условиям. Процесс считается изотермическим. N определяется из условия равенства массы газа в пузырьках общей массе нерастворенного газа при начальных V_0 и P^*

$$N = \frac{\rho_g^*}{\rho_g(P^*)} \cdot \frac{W(P^*) - W(P_n)}{V_0},$$

где ρ_g^* — плотность газа при нормальных условиях, $\rho_g(P)$ — плотность газа как функция давления. Таким образом, для ϵ можно получить выражение

$$\epsilon = \frac{Z(P^* - P_n) \rho_g^* P_n P^*}{Z(P_n) (P^* - P_n) \rho(P_n)} \times (W(P^*) - W(P_n)).$$

В пористой среде с объемной водонасыщенностью α выделится энергия E (предполага-

ется одновременно схлопывания всех пузырьков, которая, по нашей предварительной оценке, должна иметь место):

$$E = \alpha V \rho_{\infty} \epsilon,$$

где ρ_{∞} — плотность воды в пластовых условиях, V — объем пористой среды.

Принимая $P_n = 88$ МПа, $P^* = 102$ МПа (т. е. для глубины около 6 км), температуру 483 К, $\alpha = 0,05$, $V = 10^{14}$ м³ (что, по Ф. Д. Стейси, соответствует объему области подготовки крупного землетрясения) получаем $E = 1,5 \times 10^{17}$ Дж. Энергия такого порядка выделяется при катастрофических землетрясениях с магнитудой около 8,5 [15].

Приведенные результаты являются лишь приблизительной оценкой, так как в задаче Рэлея не учитываются сжимаемость воды, эффекты вязкости и поверхностного натяжения. В настоящее время проводится серия экспериментов на математической модели, учитывающей перечисленные факторы.

По нашему мнению, доказательства широкой распространенности описываемого процесса в природе имеются. Приведем некоторые из них.

1. Как правило, к крупным гидротермальным системам СССР, Исландии, Новой Зеландии, США, Японии приурочены рои землетрясений, причем наибольшая сейсмичность характерна для площадей с наибольшей тепловой активностью [12]. Механизм подобных землетрясений не раскрыт. С позиции описываемой нами модели возникновения пневмогидродинамической квазикавитации реально выделение значительных количеств энергии при схлопывании остаточных пузырьков парогазовых смесей в больших объемах гидротермальных растворов. Приуроченность землетрясений к зонам повышенного теплового потока может объясняться как значительно большими молярными объемами водяного пара в смеси, так и большей напряженностью и динамичностью гидротермальных систем в этих зонах.

2. Во многих сейсмоактивных зонах землетрясения возникают в верхней части земной коры [2, 11]. Так, в Алтае-Саянской области в течение 22 лет было зарегистрировано 3357 землетрясений [13]. Площадное распространение землетрясений не коррелируется с региональными разломами; максимум их распределения приходится на глубины порядка 13–15 км, отвечающие околокритическим температурам для воды, при которых водяной пар превалирует в парогазовых смесях и возможна квазикавитация с выделением большого количества энергии. Это позволяет предполагать, что по крайней мере часть землетрясений обусловливается описываемым механизмом растворения пузырьков парогазовых смесей.

Проявлением квазикавитационных явлений можно объяснить некоторые «узкие места» в механизме образования части кимберлитовых трубок легко объясняется присутствием углеродистых газов и воды во флюидных включениях в алмазах [4].

4. В штатах Висконсин и Огайо (США) найдены мелкие алмазы в четвертичных ледниковых отложениях [9]. Известно, что толщина ледника достигает сотен и тысяч метров, при-

чем в нижней части происходит постоянное подтаивание его. Следовательно, наступление ледника могло обусловить значительное возрастание давления в перенасыщенной газом гидродинамической системе, находящейся на небольшой глубине, что привело к схлопыванию квазикавитационных пузырьков и образованию мелких алмазов.

5. Обычно возникновение землетрясений под заполняемыми искусственными водохранилищами объясняется сжатием и частичным уплотнением подстилающих пород под воздействием массы воды [11]. Однако непонятно, почему при одинаковом уровне воды в одних случаях происходят землетрясения, в других — нет. С позиций возникновения пневмогидравлической квазикавитации это легко объяснимо: землетрясения возникают, когда находящаяся ниже водохранилища гидродинамическая система пересыщена газом и он находится в дисперсном состоянии. Сжатие подстилающих пород под действием массы водохранилища и поступление воды за счет просачивания обуславливают повышение давления в гидродинамической системе настолько, что происходит схлопывание остаточных пузырьков водяного пара.

6. Следует особо подчеркнуть, что в редких случаях квазикавитационные явления могут наблюдаться на газовых (и газоконденсатных) месторождениях. Газовые месторождения окружены ореолами рассеяния газов, в пределах которых гидродинамическая система может быть предельно насыщена газами. В начальный период разработки часть воды из окружающего водонапорного бассейна внедряется в газовую залежь, что приводит к снижению давления в гидродинамической системе и к частичному выделению газа с образованием пузырьков парогазовой смеси. В последующий период разработки скорость внедрения вод в залежь значительно уменьшается [7] и при высокой активности водонапорного бассейна в периферической части месторождения давление возрастет до начального значения, что обусловит схлопывание остаточных пузырьков водяного пара. Если даже при таком квазикавитационном процессе выделится количество энергии, не способное вызвать сильное землетрясение, оно может оказаться достаточным для спровоцирования крупного тектонического землетрясения.

Таким образом, постоянно изменяющиеся термобарические условия во флюидных системах, находящихся в областях земной коры с докритическими параметрами для воды, приводят к пневмогидравлической квазикавитации, при которой в зависимости от объема флюидной фазы выделяется определенная (возможна, весьма значительная) энергия, что может вызвать ряд тектонических, геолого-физических и геохимических процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артюшков Е. В. Геодинамика. М.: Наука, 1979.
2. Болт Б. В. В глубинах Земли: о чем рассказывают землетрясения. М.: Мир, 1984.
3. Вернадский В. И. Очерки геохимии. 7-е (4-е русское) изд. М.: Наука, 1983.

4. Галимов Э. М. Некоторые доказательства реальности кавитационного синтеза алмазов в природе.— *Геохимия*, 1985, № 4, с. 456—471.
5. Изучение закономерностей фильтрации растворов углеводородов и нефти в сжатом газе через глинистые породы (экспериментальные данные)/Т. П. Сафронова, Т. П. Жузе, А. В. Сушили, Е. В. Кузнецова.— В кн.: Миграция нефти и газа и фазовые равновесия в углеводородных системах при высоких давлениях. М., 1969, с. 17—27.
6. Кнэпп Р., Дейли Дж., Хеммит Ф. Кавитация. М.: Мир, 1974.
7. Контроль за разработкой газовых и газоконденсатных месторождений/Г. В. Рассохин, И. А. Леонтьев, В. И. Петренко и др. М.: Недра, 1979.
8. Корценштейн В. Н. Растворенные газы подземной гидросферы Земли. М.: Недра, 1984.
9. Минералогическая энциклопедия/Под ред. К. Фрея. Пер. с англ. Л.: Недра, 1985.
10. Намиот А. Ю. Фазовые равновесия в добыче нефти. М.: Недра, 1976.
11. Никонов А. А. Землетрясения. М.: Знание, 1984.
12. Пампура В. Д. Гидротермы долгоживущих вулканических центров. М.: Наука, 1981.
13. Сейсмичность Алтае-Саянской области по инструментальным данным/Т. Я. Благовинова, Н. Д. Жалковский, В. И. Мучная и др.— *Геология и геофизика*, 1986, № 1, с. 140—147.
14. Соколов В. А. Геохимия природных газов. М.: Недра, 1971.
15. Эйби Дж. А. Землетрясения. М.: Недра, 1982.
16. Katz D. L., Lundy C. L. Absence of connate water in Michigan Reef gas reservoirs — an analysis.— *A. A. P. G. Bulletin*, 1982, vol. 66, No 1, p. 91—98.

75-летие Марии Борисовны Бородаевской



Исполнилось 75 лет со дня рождения Марии Борисовны Бородаевской, профессора, доктора геолого-минералогических наук, крупного специалиста в области геологии месторождений цветных и благородных металлов.

В 1934 г. М. Б. Бородаевская окончила Московский геологоразведочный институт им. Орджоникидзе. С 1936 по 1958 г. она изучала золоторудные месторождения и рудные поля на Урале, в Забайкалье, Якутии и в других регионах СССР. Эти исследования базировались на тщательной геологической документации обнажений, горных выработок и скважин и разностороннем анализе всех геологических процессов, связанных с формированием рудных залежей. Разработанные ею геолого-генетические основы условий формирования и размещения ряда типовых золоторудных месторож-

дений (Березовского, Ключевского и др.) явились надежными критериями прогноза и поисков золотых руд на многие годы.

В 1949 г. М. Б. Бородаевская закончила докторантуру в ИГЕМ АН СССР под руководством академика Д. С. Белянкина и защитила докторскую диссертацию, в которой на примере одного из районов Урала ею были рассмотрены вопросы роли контаминации при формировании щелочных пород, проведено детальное изучение гидротермально-измененных пород (березитов и листовенитов), сопровождающих золоторудные месторождения. Монография М. Б. Бородаевской по Березовскому рудному полю до настоящего времени является примером всестороннего и глубокого изучения рудных полей и месторождений. Развивая идеи Ю. А. Билибина, М. Б. Бородаевская самостоятельно и в содружестве с Ф. Э. Апельциным приходит к выводу о связи золоторудных месторождений с группой малых интрузий, среди которых ею выделены три группы: 1) завершающие интрузивный магматизм; 2) связанные с эффузивным магматизмом; 3) самостоятельный комплекс малых интрузий, проявленный вне связи с другими магматическими процессами. К последнему из них приурочены наиболее масштабные проявления золоторудной минерализации. Это фундаментальное положение до наших дней не потеряло своей актуальности, нуждаясь лишь в уточнении деталей связи рудного процесса с теми или иными группами малых интрузий.

С 1958 г. М. Б. Бородаевская начинает изучать месторождения колчеданных руд. Весь предыдущий опыт позволил ей не только внести большой личный вклад в познание особенностей геологии крупных месторождений СССР, но и предложить новый комплексный метод полевых и камеральных исследований. Методическая и теоретическая сущность подхода М. Б. Бородаевской и ее школы заключается в тщательном комплексном изучении колчеданных руд и вмещающих их геологиче-

ских формаций во всем их разнообразии. При этом широко используется детальная документация карьеров, горных выработок и керна скважин, а также все современные методы исследований руд и вмещающих пород.

М. Б. Бородаевской и ее учениками были разработаны методы изучения рудных полей и месторождений, обобщенные в книге «Некоторые вопросы методики геологических исследований при детальном съемках колчеданных месторождений Южного Урала», где в основу изучения колчеданов впервые положен структурно-формационный анализ.

В связи с изменяющимися требованиями производства расширялись масштабы исследований. От изучения отдельных месторождений и рудных полей М. Б. Бородаевская переходит к изучению рудных районов и провинций с прогнозированием ожидаемого в них оруденения. Эти исследования базировались на разработанных под ее руководством и при непосредственном ее участии методах объемного структурно-формационно-фациального картирования с проведением палеорекострукций на период рудообразования, что позволило выявить новые закономерности локализации рудных тел и успешно ориентировать геологоразведочные работы. Наиболее фундаментально изучались Гайский, Учалинско-Верхнеуральский, Средне-Орский и Домбаровский, Бурбай-Маканский рудные районы, что во многом способствовало развитию сырьевой базы действующих и проектируемых предприятий.

Одновременно проводились исследования в нетрадиционном для локализации колчеданных руд районе Сланцевой геосинклинали Большого Кавказа.

Ряд методических установок М. Б. Бородаевской применяется и для изучения месторождений других полезных ископаемых на

территории СССР, в первую очередь руд цветных и благородных металлов.

Мария Борисовна Бородаевская проводила большую научно-организационную работу, она длительное время руководила отделом месторождений цветных металлов ЦНИГРИ, была куратором Мингео СССР по меди; неоднократно возглавляла различные производственные и экспертные комиссии; является председателем и активным членом ряда ученых советов.

Много внимания Мария Борисовна Бородаевская уделяет молодым ученым. Научную школу М. Б. Бородаевской отличает практическая направленность в решении поставленных задач, тесное сотрудничество с геологами-производственниками, многие из которых участвуют в исследованиях института, успешно защищают кандидатские и докторские диссертации.

Партия и правительство высоко оценили научную и организационную работу Марии Борисовны Бородаевской, наградив ее орденами Октябрьской Революции, Трудового Красного Знамени, двумя орденами «Знак Почета» и медалями.

В последние годы, работая в должности старшего научного сотрудника-консультанта, она, как и прежде, все свои силы отдает любимому делу.

Поздравляя Марию Борисовну с юбилеем, желаем ей крепкого здоровья, дальнейших творческих успехов.

Е. А. Козловский, Б. М. Зубарев, В. М. Волков, В. Ф. Рогов, А. И. Бабинов, Р. А. Сумбатов, В. Ю. Зайченко, А. Н. Золотов, Ю. Б. Казмин, Н. Ф. Карпов, А. И. Кривцов, В. А. Максимов, В. А. Чернов, В. А. Нарсеев, Д. И. Горжецкий, Н. К. Курбанов



РЕЦЕНЗИИ

УДК 551.491.4 : 550.84 (049.32)

Е. Ф. СТАНКЕВИЧ (ВНИИгеолнеруд)

Принципы и методы палеогидрогеохимических исследований

Книга * подготовленная гидрогеологами ВСЕГЕИ, входит в серию, посвященную анализу рудоносности различных по составу и условиям образования геологических формаций. Она является продолжением работ по формационному анализу, анализу рудоносности, критериям прогнозной оценки и имеет практическую направленность. Как отмечают авторы книги: «Палеогидрогеохимический анализ

* Палеогидрогеохимические исследования: принципы и методы оценки рудоносности геологических формаций/А. Е. Басков, С. А. Вещерев, И. А. Петрова и др. Л.: Недра, 1985, 251 с.

геологических формаций... помогает правильно понять процессы рудообразования и условия локализации рудных залежей и тем самым способствует эффективности прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых» (с. 240). Под палеогидрогеохимическим анализом понимается восстановление химического состава подземных вод, насыщавших геологические формации на всех стадиях литогенеза, что возможно при использовании гидрогеохимических данных для важнейших групп осадочных, вулканогенных и вулканогенно-осадочных формаций в структурах разного типа, находящихся на разных стадиях литогенеза.

К основным задачам палеогидрогеохимических исследований в связи с прогнозно-металлогеническими работами, как это сказано во «Введении», авторы относят выявление региональных палеогидрогеологических условий формирования и размещения месторождений полезных ископаемых и выявление палеогидрогеологических условий формирования месторождений отдельных полезных ископаемых. Решению этих задач и посвящены две части, составляющие книгу.

Часть первая — «Гидрогеохимия осадочных вулканогенных формаций на разных стадиях литогенеза как основа палеогидрогеохимического анализа» занимает около 70 % объема книги. Это естественно, так как авторы приводят здесь краткие сведения по гидрогеохимии терригенных (обломочных), карбонатных и терригенно-карбонатных, галогенных и вулканогенных (вулканогенно-осадочных) формаций, находящихся на разных стадиях литогенеза и в разной степени дислоцированных. Для ряда формаций даны формационно-гидрогеохимические профили, на которых выделены гидрогеохимические зоны. Последние характеризуются величиной минерализации подземных вод, содержанием сульфатного иона, иногда брома и йода, натрий-хлорным и хлор-бромным соотношениями и некоторыми другими показателями. В ионно-солевом составе показаны только преобладающие ионы — без их абсолютных или относительных содержаний.

Описана гидрогеохимия 67 конкретных геологических формаций, объединенных в 25 основных групп, в разной степени диа- и катагенетически измененных и дислоцированных. Эти эмпирические данные послужили основой для таблицы палеогидрогеохимических показателей формаций зон катагенеза и гипергенеза. Сведения, необходимые для палеогидрогеохимических реконструкций химического состава подземных вод в зонах катагенеза и гипергенеза и на участках гидротермальных изменений пород на основе изучения минеральных преобразований формаций, представлены в отдельной таблице. Восстановление палеогидрогеохимических условий ведется на основе принципа актуализма с привлечением общих геологических и гидрогеологических данных.

В заключительных главах первой части освещены процессы преобразования химического состава подземных вод на диагенетической, катагенетической и метагенетической стадиях литогенеза, а также и в гипергенных условиях для терригенных континентальных угленосных, терригенных континентальных молассоидных полимиктовых, терригенных континентальных красноцветных областей аридного климата, терригенных морских, терригенно-карбонатных и карбонатных, галогенных морских, галогенных континентальных и вулканогенных, вулканогенно-осадочных формаций.

Во второй части приведены примеры палеогидрогеохимического анализа в трех регионах — северо-западной части Большого Кавказа, Центральном Тянь-Шане и Забайкалье. Цель подобных исследований — выявление «основных черт гидрогеохимии формаций в пределах изучаемых металлогенических регионов (провинций, поясов, систем, областей, зон и т. д.) для определенных эпох рудообразова-

ния» (с. 189). При этом подчеркивается, что региональный палеогидрогеохимический анализ северо-западной части Большого Кавказа имеет самостоятельное методическое значение как первый опыт подобного анализа горно-складчатых областей.

В книге обобщен большой фактический материал по гидрогеохимии многих формаций, что позволило авторам подойти к определению величины минерализации и преобладающих ионов в подземных водах на различных стадиях литогенеза в формациях разного литологического состава и происхождения. Приведенные таблицы дают возможность на основании общих геологических данных делать палеогидрогеохимические реконструкции, что должно помочь в выявлении скрытых месторождений. Заслуживает внимания попытка увязать преобразование химического состава подземных вод в процессе литогенеза с эпигенетическим минералообразованием. Для региональных палеогидрогеохимических исследований определена последовательность работ, показанная на примере палеогидрогеохимического анализа северо-западной части Большого Кавказа.

Книгу следует рассматривать как первый опыт составления методики регионального и локального палеогидрогеохимического анализа для металлогенического (и минералогического) прогноза. Поэтому в дальнейшем было бы желательно при характеристике геологических формаций отмечать их металлогеническую и минералогическую специализацию, что диктуется общим направлением всех работ по оценке рудоносности формаций. Иначе говоря, проводимый палеогидрогеохимический анализ в первую очередь должен быть направлен на прогноз и поиски определенных полезных ископаемых, которые могут быть найдены в конкретной формации.

Следующее пожелание касается вопроса о путях изменения минерального состава и свойств водоносных и водоупорных пород и влияния органического вещества на процессы преобразования их минерального состава во время литогенеза. Известно, что часто минерализация и химический состав поровых вод водоупорных пород и пластовых вод водоносных пород в одной формации заметно отличаются друг от друга. Это свидетельствует о том, что условия взаимодействия между водой и минералами породы, а также физико-химические свойства воды в водоносных и водоупорных породах могут существенно различаться. Известно также, что органические вещества, адсорбированные на поверхности минеральных частиц, как бы консервируют последние, предохраняя их от эпигенетических изменений. При палеогидрогеохимическом анализе эти особенности следует учитывать.

Для разных геологических, геоморфологических и климатических условий необходимо установить мощность зоны гипергенеза или зоны современного водообмена для определения положения ее по аналогии для палеопериферий континентального развития территорий. Важность выявления этапов континентального развития изучаемых территорий и замещения седиментационных вод инфильтрационными после работы А. Н. Семихатова (1947 г.) вряд ли имеет смысл доказывать.

Следует отметить также, что при палеогидрогеохимических исследованиях надо использовать не только общегеологические сведения и гипотетические построения, но и привлекать, а часто и принимать за основу, сведения о последовательности выделения парагенезов геологических формаций, как это практикуется литологами, изучающими нефтегазоносные горизонты. К сожалению, гидрогеологи редко обращают внимание на связь химических типов подземных вод (и их физико-химических свойств) с минеральным составом вмещающих пород и парагенезами аутигенных минералов, образующихся при взаимодействии воды с более объективно восстанавливать палеогидрогеохимические условия. Однако это возможно только в том случае, если типизация подземных вод по химическому составу будет производиться не по преобладающим ионам, как это принято в рецензируемой книге, а по составу гипотетических солей (классификации М. Г. Валяшко, В. В. Эпштейна, В. А. Сулина и др.). В этом случае будет возможно, как это уже отмечалось в литературе, наметить парагенезы образующихся минералов, характерных для каждого типа природной воды. Для соляных минералов эти парагенезы были начены Ю. В. Баталиным и Е. Ф. Станкевичем (1975 г.). Парагенезы несоляных минералов, связанных с каждым химическим типом природных вод, в настоящее время изучаются. Выявление их поможет более детально восстановить палеогидрогеохимических условия полезных ископаемых. Химический тип природных вод по гипотетическим солям контролирует не только парагенез аутигенных минералов, но и определяет миграционную способность большинства макро- и микроэлементов и соединений и, таким образом, влияет на рудообразование.

В настоящее время можно считать установленным, что метаморфизация седиментационных вод в морских отложениях при нормальной и пониженной минерализации, начиная с раннего диагенеза, может идти двумя путями: 1) при прямой метаморфизации воды переходя в лишние сульфатов воды хлор-кальциеции — в воды содового типа (Е. Ф. Станкевич, И. С. Грамберг, М. Г. Валяшко и Д. В. Гричук). Аутигенное минералообразование в водах обоих типов будет протекать поразному и даст различные парагенезы новообразованных минералов. Разрушению и замещению также будут подвергаться различные минералы. Это необходимо учесть при уточнении палеогидрогеохимических характеристик типовых геологических формаций.

Необходимо отметить также, что следует более осторожно относиться к характеристике палеогидрогеохимии галогенных формаций. Во-первых, судя по ассоциациям соляных минералов, большинство галогенных формаций образовывалось в бассейнах с «метаморфизованной» водой (кунгурская нижнепермская Восточно-Европейской платформы, неогеновая Предкарпатя, верхнедевонская Припяти и др.). Минерализация и химический состав

разных стадий сгущения в них будут иными, чем стадий сгущения океанической воды. Так, если садка гипса в сгущаемой океанической воде начинается при минерализации 120—130 г/кг, то в каспийской — при 45 г/л, в аральской — при 35 г/л, в иссык-кульской — при 10 г/л, а при образовании гипсов в неогене в Парижском бассейне — 5 г/л. Уточнение условий садки солей из вод разного состава по парагенезам седиментационных минералов повысит действенность палеогидрогеохимического анализа. Во-вторых, в рассмотрении следует ввести галогенные формации содового, хлоридного и сульфатно-натриевого типа, химический состав подземных вод в которых весьма специфичен, как и процессы диагенеза и катагенеза.

Хотелось бы также, чтобы авторы книги обратили больше внимания на изменение гидрогеологического режима в изучаемых формациях с течением геологического времени, а также учли изменения состава атмосферы и гидросферы в истории Земли, которые сильно влияли на процессы формирования подземных вод и их химического состава. Для этого желательно привлечь данные по изотопному составу подземных вод и новообразованных минералов, характеризующие палеоусловия. Представляется также, что недостаточно рассматривать палеогидрогеохимические условия формаций, нужно изучать их еще и по латерали. Не затронуты в книге вопросы гидрогеохимии в многолетнемерзлых породах, которые существовали и до фанерозоя.

Как в каждой работе, освещающей новые направления исследований, в рецензируемой книге можно найти неточности и недостатки. Характеристика гидрогеохимических зон на формационно-гидрогеохимических профилях слишком схематична и часто не дает представления о фактическом химическом типе воды. Это относится, в первую очередь, к ионно-солевому составу. Так, при преобладающих ионах Cl—Na и при величине Na/Cl 0,9—1,1 и т. п. (с. 42, 57, 84, 102, 107 и др.) смешанные воды могут принадлежать к пяти гидрогеохимическим типам, или по крайней мере к четырем, резко отличающимся друг от друга по условиям взаимодействия с вмещающими породами и физико-химическим свойствам. К тому же при характеристике некоторых регионов не полностью использован фактический материал, что отразилось на выделении гидрогеохимических зон на формационно-гидрогеохимических профилях. Так, из внимания авторы выпали подземные воды содового типа на профилях Днепровско-Донецкой впадины в меловых отложениях, Закарпатской впадины в неогене (более 80 % подземных вод относятся к содовому типу). В Бакинском архипелаге, так же как и на Апшеронском полуострове, в основании продуктивной толщи широко развиты подземные содовые воды.

Выделять регионы при характеристике формаций следовало бы по какому-то единому принципу, в книге они слишком разнообразны: Байкальская котловина, Вилуйская синеклиза, Западно-Сибирская плита, Южно-Туркменская краевая зона Туранской плиты, Бакинский архипелаг, Средиземное море, Равнинный Крым, западная часть Атлантического океана и т. д. На схематическом палеогидрогеохимическом

разреze района сульфидно-битумного рудопроявления до начала магматической деятельности (рис. 48, с. 222) в основании первого водоносного комплекса показаны воды состава $\text{HCO}_3(\text{Cl})$ с минерализацией 25 г/кг. Воды та-
 $\text{Ca}(\text{Na})$

кого состава и минерализации в природе не встречаются и, исходя из пределов растворимости гидрокарбонатов кальция, существовать не могут.

Характеристика Кара-Богаз-Гола устарела, уже в 1983 г. он полностью высыхал. Терригенно-карбонатная ангидрито-галитовая калиеносная формация позднего девона Припятской впадины согласно перекрывается нижнекаменноугольными песчано-глинистыми породами с прослоями мергелей, известняков, доломитов турнейского яруса нижнего карбона, а не мезозойскими морскими отложениями, как это утверждается в книге. Мезозой перекрывает породы фаменского яруса только на некото-

рых соляных куполах, где каменноугольные отложения размыты.

Имеются в книге и неточности, например, «известковые алевритистые глины» (с. 97), «кристаллы вторичного сильвинита» (с. 131), «пласты галита» (с. 118) и др. На с. 166 утверждается, что гидрогеохимия формаций для разных стадий литогенеза ранее не изучалась. К сожалению, работа Е. Ф. Станкевича, Ю. В. Баталина (1978 г.) авторами осталась не замеченной. В ней приведены данные о гидрогеохимических типах и видах вод на разных стадиях литогенеза.

При продолжении работ в области палеогидрогеологии необходимо гидрогеологам вместе с литологами начать изучение парагенезов аутигенных минералов, равновесных с каждым типом природных вод, а также последовательности выделения минералов в горных породах конкретных формаций.

Contents

DECISIONS OF THE XXVII-TH CONGRESS OF THE CPSU SHOULD BE BROUGHT INTO LIFE

- Sychev K. I.*
Main trends of hydrogeological and engineering geological investigations in the light of the decisions of the XXVII-th congress of the CPSU 3

THE 100-TH ANNIVERSARY OF N. M. FEDOROVSKIY

- Kozlovskiy E. A.*
N. M. Fedorovskiy as a revolutionary, scientist and organizer of the mining industry 9

- Poluektov V. N., Smirnov L. N., Shcherbakov L. N.*
The 50-th anniversary of the All-Union geological stock 17

METHODOLOGY, ECONOMICS, MANAGEMENT

- Ivankin P. F.*
Means of the raise of the efficiency of large-scale geological surveys 24

- Kazachenko Yu. A., Shiverskikh L. V.*
Taking into account geological factors when selecting an optimum version of the production sampling 30

- Balashova S. P.*
On the means of the improvement of methods of prediction, prospecting and appraisal of mineral deposits 36

ENERGY RESOURCES

- Bogdanov M. M.*
Distribution features and conditions of oil and gas fields accumulation in the Timano-Pechorskaya Province 44

- Litvin I. I.*
Formation mechanism of rock and pore pressures 51

METALS AND NON-METALS

- Kryukov V. G., Shcherbak L. I.*
Geology and metallogeny of the Badzhal'skiy tin ore region, Priamur'e 55

STRATIGRAPHY AND PALEOGEOGRAPHY

- Luchnikov V. S.*
On the differentiation of the Lower Jurassic in the Tajikistan according to paleobotanical data 66

- Leshchukh R. I., Polukhtovich B. M.*
On the geological history of the West Black Sea Region in the Jurassic period 75

REGIONAL GEOLOGY AND TECTONICS

- Soloviev A. Yu.*
Tectonic facies analysis of the Sugutskiy block, East Altai 80

MINERALOGY, PETROGRAPHY, LITHOLOGY

- Makariev L. B., Chukhonin A. P., Ditar G. V.*
Precambrian metasomatite formation series in the western part of the Aldan Shield 83

GEOCHEMISTRY

- Malinko S. V., Lisitsin A. E., Sumin L. V.*
Boron isotopes in minerals as indicators of a source of the ore material 89

GEOPHYSICS AND DEPTH STRUCTURE

- Izotova T. S.*
Sedimentaries types determinations according to a set of borehole geophysical measurements 97

HYDROGEOLOGY AND ENGINEERING GEOLOGY

- Antypko B. E., Ostrovskiy L. A.*
Classification of hydrogeological structures 107

- Petrenko V. I., Dogot' A. Ya.*
Pneumohydrolic quasicavitation 115

- 75-th anniversary of Maria Borisovna Borodaevskaya 118

BOOK REVIEWS

- Stankevich E. F.*
Principles and methods of paleohydrogeochemical studies 119

Вниманию авторов!

В соответствии с рекомендацией Госкомиздата СССР редколлегия журнала доводит до сведения читателей выдержки из «Типового положения о порядке прохождения материалов в редакции журнала», касающиеся взаимоотношений авторов и редакций.

ВЫДЕРЖКИ ИЗ «ТИПОВОГО ПОЛОЖЕНИЯ О ПОРЯДКЕ ПРОХОЖДЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ В РЕДАКЦИИ ЖУРНАЛА»

«Типовое положение о порядке прохождения материалов в редакции журнала» имеет своей целью совершенствование контроля и повышение ответственности за качество подготовки публикуемых материалов в журнале и распространяется на все журналы независимо от их ведомственной подчиненности. Оно подготовлено с учетом «Типового положения о журнале» и норм авторского права.

Материалы, представленные в редакцию по инициативе автора, рассматриваются в сроки и порядке, установленном в соответствии с «Типовым положением о журнале».

Редакция в месячный срок со дня поступления оценивает соответствие содержания материала, поступившего с целью публикации, профилю и тематике журнала, приемлемость подлинников текста и иллюстраций для редактирования и полиграфического воспроизведения (для их оценки могут привлекаться соответствующие службы выпускающей организации).

Если полученные материалы некомплектны или нарушены требования по их оформлению, редакция может возвратить материалы автору с указанием причин возврата. Если представленный материал в течение указанного срока не возвращен автору, он считается представленным в надлежащем виде.

Решение о целесообразности публикации материалов, удовлетворяющих требованиям по оформлению, должно быть принято редакцией (редколлекцией) в возможно короткий срок, но не более трех месяцев со дня поступления материалов в редакцию, и отражено в документации редакции (в протоколе заседания редколлекции). Ответственность перед вышестоящими органами за соблюдение сроков рассмотрения несут главный редактор, его заместители и ответственный секретарь.

Редакция может принять решение о целесообразности публикации материала, не направляя его на рецензирование, если качество представленного произведения дает достаточно оснований для такой оценки. Автору сообщается (в письменной форме) о принятом решении, в случае отказа в опубликовании — с мотивированным обоснованием причин отклонения.

При рассмотрении вопроса о целесообразности публикации должны быть оценены идейно-политический, научный, художественный уровень материала, актуальность освещаемых вопросов, новизна и информативность произведения, соответствие его объема выбранной теме, а также необходимость публикации в полном объеме или целесообразность депонирования.

Выводы предварительной оценки могут содержать одно из следующих решений:

- принять материалы к опубликованию;
- вернуть материалы автору для устранения отмеченных недостатков;
- направить материалы на рецензирование отдельным специалистам или коллективам;
- направить материалы на редактирование с последующим рассмотрением на редколлекции;
- передать на депонирование;
- признать материалы непригодными для опубликования и сообщить об этом автору.

Редакция должна учитывать мнение автора о нежелательности оценки представленных им материалов конкретными лицами и организациями. Редакция имеет право не сообщать сведения об авторе при рецензировании материалов нештатными специалистами.

Материалы дискуссионного характера, содержание которых требует более глубокого и всестороннего обсуждения, чем установленный порядок рассмотрения, редакция может рекомендовать для оценки на расширенных заседаниях редакционной коллегии с привлечением автора и соответствующих специалистов.

Предварительная оценка материалов, представляемых на утверждение редколлекции, сопровождается мнением заместителя главного редактора, ответственного секретаря или другого члена редакционной коллегии, оформляемом в порядке, утвержденном главным редактором.

Привлечение нештатного специалиста к рецензированию материалов не освобождает редакцию от необходимости дать собственную оценку этим материалам.

Подбор рецензентов осуществляет редактор отдела по согласованию с заместителем главного редактора. Состав рецензентов утверждается редакционной коллегией или по ее поручению главным редактором.

Срок рецензирования (не более двух месяцев) устанавливается редакцией по согласованию с рецензентом.

Результаты рецензирования сообщаются автору письмом, излагающим суть замечаний, либо с приложением копии рецензии. Редакция сообщает сведения о рецензенте только с его согласия.

Исправленные автором по замечаниям редакции и рецензента материалы редакции обязана рассмотреть не позднее чем в двухмесячный срок со дня их повторного поступления, и представить на рассмотрение редколлекции для принятия окончательного решения.

Вниманию специалистов!

Издательство «Недра» готовит к выпуску в 1988 г. следующие книги по геофизическим наукам.

Учебники для вузов

Вахромеев Г. С. *Введение в разведочную геофизику*: Учебник для вузов. 10 л. 35 к.

Для студентов геологоразведочных, нефтяных, горных вузов по курсу «Введение в специальность».

План 1988 г., № 29

Ларионов В. В., Резванов Р. А. *Ядерная геофизика и радиометрическая разведка*: Учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. 25 л. 1 р. 20 к.

Для студентов вузов, обучающихся по специальности «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых».

План 1988 г., № 123

Кудрявцев Ю. И. *Теория поля и ее применение в геофизике*: Учебник для вузов. 26 л. 1 р. 30 к.

Для студентов геофизической специальности геологоразведочных и горных вузов.

План 1988 г., № 39

Геофизические методы исследования: Учебник для вузов. Под ред. В. К. Хмелевского. 26 л. 1 р. 20 к.

Для студентов негеофизических специальностей университетов, горно-геологических, нефтяных вузов и факультетов.

План 1988 г., № 30.

Справочная литература

Интерпретация результатов геофизических исследований нефтяных и газовых скважин: Справочник/Под ред. В. М. Добрынина. 30 л. 1 р. 90 к.

Для геофизиков, занимающихся обработкой и интерпретацией материалов ГИС.

План 1988 г., № 128

Скважинная и шахтная рудная геофизика: Справочник геофизика/Под ред. В. В. Бродового. 43 л. 2 р. 60 к.

Для геофизиков и геологов, работающих в гидрогеологии, рудной и инженерной геологии. Полезна студентам-геофизикам геологоразведочных, горных вузов и факультетов.

План 1988 г., № 130

Физические свойства минералов и горных пород при высоких термодинамических параметрах. Справочник/Под ред. М. П. Воларовича. 2-е изд., перераб. и доп. 22 л. 1 р. 50 к.

Для геологов и геофизиков, занимающихся изучением глубинных процессов.

План 1988 г., № 31

Производственно-техническая литература

Азаров Н. Я., Яковлев Д. В. *Сейсмоакустический метод прогноза горно-геологических условий эксплуатации угольных месторождений*. 18 л. 1 р. 30 к.

Для геофизиков, геологов, горных инженеров-сейсмоакустиков, работающих в горнодобывающих отраслях промышленности.

План 1988 г., № 36

Березкин В. М. *Метод полного градиента при геофизической разведке*. 14 л. 70 к.

Для геофизиков, занимающихся поисками месторождений нефти, газа и других полезных ископаемых.

План 1988 г., № 25

Геофизические исследования подземных скважин/Б. П. Притчин, В. В. Денисенко, Н. А. Жуков и др. 10 л. 50 к.

Для геофизиков и геологов, занимающихся разведкой угольных и рудных месторождений.

План 1988 г., № 87

Геофизическая характеристика и тектоника нефтегазоносных провинций Средней Азии и европейской части СССР/Н. В. Неволин, Е. Ф. Козлова, Г. А. Березкина и др. 14 л. 70 к.

Для геологов и геофизиков, занимающихся поисками нефтегазоперспективных структур.

План 1988 г., № 26

Голиздра Г. Я. *Комплексная интерпретация геофизических полей при изучении глубинного строения земной коры*. 17 л. 1 р. 10 к.

Для инженеров-геофизиков, занимающихся геологической интерпретацией геофизических данных.

План 1988 г., № 27

Кошляк В. А., Семенов Е. В., Жувагин И. Г. *Оценка емкостных свойств коллекторов радиоактивными методами*. 8 л. 40 к.

Для геофизиков и геологов, занимающихся разведкой и разработкой нефтяных и газовых месторождений.

План 1988 г., № 100

Кривонос Р. И. *Пластовая наклонметрия скважин*. 12 л. 60 к.

Для геофизиков и геологов, занимающихся разведкой полезных ископаемых.

План 1988 г., № 101

Любимов Г. А., Любимов А. А. *Методика гравимагнитных исследований с использованием ЭВМ*. 18 л. 1 р. 30 к.

Для геофизиков и геологов, занимающихся гравимагнитными исследованиями.

План 1988 г., № 37

Миронов С. А. *Управление качеством геофизических исследований скважин*. 10 л. 55 к.

Для инженеров, занимающихся проведением геофизических исследований в скважинах и анализом получаемых материалов.

План 1988 г., № 106

Пахомов М. И., Пахомов В. И. *Петрофизический метод выделения и оценки метасоматитов*. 10 л. 50 к.

Для геологов и геофизиков, занимающихся поисками и изучением эндогенного оруденения.

План 1988 г., № 111

Прогнозирование нефтегазоносности на акваториях/В. Н. Агеев, И. В. Рабей, И. И. Хведчук и др. 18 л. 85 к.

Для геологов и геофизиков-нефтяников.

План 1988 г., № 114

Шнейерсон И. Б., Майоров В. В. *Наземная невзрывная сейсморазведка*. 16 л. 1 р.

Для геофизиков-сейсморазведчиков производственных и научных организаций. Полезна студентам, специализирующимся по геофизическим методам разведки.

План 1988 г., № 38

Ядерно-геофизические методы в гидрогеологии и инженерной геологии/В. Т. Дубинчик, В. А. Поляков, Т. А. Грязнов и др. 15 л. 75 к.

Для гидрогеологов, геофизиков, геохимиков, занимающихся гидрогеологическими и инженерно-геологическими исследованиями.

План 1988 г., № 28

Научная литература

Авдулов М. В. *Фазовые превращения и петрогенез*. 9 л. 1 р. 40 к.

Для научных работников, изучающих внутреннее строение Земли.

План 1988 г., № 32

Войткевич Г. В. *Основы теории происхождения Земли*. 2-е изд., перераб. и доп. 10 л. 1 р. 50 к.

Для научных работников—геологов, геофизиков, геохимиков, будет полезна студентам и преподавателям геологических и географических факультетов институтов и университетов.

План 1988 г., № 33

Матусевич А. В. *Объемное моделирование геологических объектов на ЭВМ*. 14 л. 2 р. 10 к.

Для научных работников, занимающихся моделированием и обработкой геолого-геофизических данных на ЭВМ.

План 1988 г., № 24

Робинсон Э. А. *Метод миграции в сейсморазведке*. Пер. с англ. 10 л. Пер. изд., США. 1 р. 50 к.

Для научных работников, занимающихся вопросами обработки и интерпретации сейсморазведочных данных.

План 1988 г., № 34

Старобинец А. Е. *Выделение и интерпретация дифрагированных и квазидифрагированных волн*. 14 л. 1 р. 70 к.

Для сейсморазведчиков и сейсмологов научных и производственных организаций.

План 1988 г., № 35

С подробными аннотациями на эти издания можно ознакомиться в аннотированном плане выпуска литературы издательства «Недра» на 1988 г., который имеется в книжных магазинах, распространяющих научно-техническую литературу.

На интересующие Вас книги можно сделать предварительный заказ в магазинах — опорных пунктах издательства «Недра», адреса которых приведены в аннотированном плане выпуска, а также через отделы «Книга — почтой» центральных магазинов:

№ 115 — 117334, Москва, Ленинский проспект, 40. Дом научно-технической книги; № 17 — 199178, Ленинград, В. О., Средний проспект, 61.

Индивидуальные покупатели заполняют почтовую открытку, где указывают фамилию автора, название книги, порядковый номер в плане выпуска, а также свой адрес и фамилию. О поступлении книг в продажу покупателя извещают оставленной им открыткой.

Заказы от библиотек принимают библиотечные коллекторы.

Не откладывайте оформление предварительных заказов!

Предварительный заказ гарантирует приобретение нужной книги.

Издательство «Недра»

Вниманию читателей!

В книготорговой сети страны имеются книги издательства «Недра» прошлых лет издания.

Внимательно ознакомившись со списком Вы сможете отобрать нужные Вам книги и направить заказ в адрес указанных магазинов, которые вышлют книгу наложенным платежом.

Минералогическая энциклопедия: Пер. с англ./Под ред. К. Фрея. 1985. 5 р. 60 к.

Для минералогов, петрографов, геологов разных специальностей и любителей камня.

241000, г. Брянск, ул. Фокина, 31, магазин № 1.

290006, г. Львов, пл. Рынок, 10, магазин № 19 «Дом научно-технической книги».

Вертушкова Г. Н., Авдонин В. Н. *Таблицы для определения минералов по физическим и химическим свойствам*: Справочник, 1980. 1 р. 60 к.

Для работников геологической службы, связанных с определением и изучением минералов; будет полезен любителям камня.

443090, г. Куйбышев, ул. Советской Армии, 124, магазин № 16 «Техническая книга».

Миронов К. В. *Справочник геолога-угольщика*. 1982. 1 р. 40 к.

Для ИТР геологоразведочных, проектных и эксплуатационных организаций.

263010, г. Луцк, ул. Ленина, 41, магазин «Знание», отдел «Книга — почтой».

Блинов Г. А., Махновецкий Э. С. *Покорители земных недр*. 1986. 45 к.

Для учащейся молодежи, выбирающей будущую профессию, для работников, занимающихся вопросами профориентации школьников.

Краткий терминологический словарь по ископаемым энергетическим ресурсам (англо-французско-немецко-испанско-русский). 1985. 2 р. 20 к.

Для геологов, экономистов, энергетиков и переводчиков, работающих с зарубежной литературой по ископаемым энергетическим ресурсам.

О'Доханью. *Путеводитель по минералам для начинающих*. 1985. 50 к.

Для старшеклассников, студентов, краеведов и любителей камня.

290006, г. Львов, пл. Рынок, 10, магазин № 19. «Дом научно-технической книги».

Стратиграфический словарь СССР. Кайнозой. (палеоген, неоген, четвертичные отложения). 1982. 4 р. 10 к.

Для геологов всех специальностей.

Выращивание кристаллов в растворе/Петров Т. Г., Трейвус Е. Б., Касаткин А. П.,
Пунин Ю. О. 2-е изд., перераб. и доп. 1983. 95 к.

Для кристаллографов, минералогов, физиков и химиков.

Бондаренко О. Б., Михайлова И. А. *Краткий определитель ископаемых
беспозвочных*. 2-е изд. перераб. 1984. 2 р. 20 к.

Для геологов и палеонтологов; может быть использован преподавателями и сту-
дентами вузов при практических занятиях по палеонтологии.

Ломтадзе В. Д. *Инженерная геология*. Инженерная петрология. 2-е изд.,
перераб. и доп. 1984. 1 р. 50 к.

Для студентов геологических специальностей.

167610, г. Сыктывкар, ул. Южная, 7, «Дом книги». Ассортиментный кабинет.

М 23-4

1 р. 60 к.

Индекс 70824

СОВЕТСКАЯ ГЕОЛОГИЯ, 1987, № 3, 1-128