

СОВЕТСКАЯ ГЕОЛОГИЯ

5 • 1979

Советские ученые! Повышайте эффективность научных исследований, укрепляйте связь науки с производством!

(Из Призывов ЦК КПСС
к 1 Мая 1979 года)

Пролетарии всех стран, соединяйтесь!

5 • 1979

СОВЕТСКАЯ ГЕОЛОГИЯ

Ежемесячный научный журнал
Орган Министерства геологии СССР

Основан в 1933 году

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор Н. П. Лавров

В. В. Белоусов, К. Д. Беляев, Т. В. Билибина, В. А. Вахрамеев, В. Г. Гарьковец, А. А. Геодекия, Л. Ф. Думлер, А. Н. Еремеев, А. И. Жамойда (зам. главного редактора), Б. М. Зубарев, П. Ф. Иванкин, Г. А. Израилева (зам. главного редактора), А. Б. Каждан, Е. В. Карус, А. И. Кринари, А. М. Палий, А. В. Пейве, Н. И. Погребнов, В. Н. Полуэктов (зам. главного редактора), Н. Н. Предтеченский, Н. В. Роговская, Д. А. Родионов, В. В. Семенович, Л. Н. Смирнов, М. А. Фаворская, Н. И. Хитаров, А. Д. Щеглов, А. Л. Яншин, В. А. Ярмолюк



МОСКВА • НЕДРА

© Издательство «Недра»
«Советская геология» 1979

Содержание

Социалистические обязательства коллективов организаций и предприятий Министерства геологии СССР на 1979 год	3
Фомин В. М.	
Гидрогеологи — сельскому хозяйству	8
Туляганов Х. Т., Ильин В. Д., Ибрагимов А. Г., Каеш Ю. В., Рахимов А. К., Убайходжаев Т. И.	
Верхнеюрские рифы — основной нефтегазоносный комплекс Узбекистана	17
Валеев Р. Н., Юдин Г. Т., Гисматуллин Р. М., Штейнгольц В. Л.	
Битумонефтегазоносные бассейны и оценка ресурсов природных битумов СССР	34
Рыжов Б. В.	
О преобразовании россыпей слабо-транспортных минералов	46
Лугов С. Ф., Бакулин Ю. И., Василенко В. П., Крылова В. В., Лаврик Н. И.	
Рациональный комплекс методов при поисках и оценке оловорудных месторождений на Востоке СССР	56
Андреева О. В., Головин В. А.	
Метасоматические процессы на урановом месторождении	65
КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ	
Беляевский Н. А., Мезенцев А. М., Мстиславский М. М., Олофинский Л. Н.	
Глубинное строение западной части Туранской плиты	76

Дружинин В. С., Постникова А. М., Рыбалка В. М., Халевин Н. И., Шарманов Б. Ф., Шарманова Л. Н.	
Строение верхней части земной коры по Красноуральскому профилю ГСЗ	82
Мореховская Е. Д., Храмова С. Н.	
Условия формирования триасовых отложений Колвинского мегавала (Печорская синеклиза)	88
Хорин Г. И., Мясников И. Ф.	
Геологическая и экономическая эффективность литохимических методов поисков	94
Осадчий В. К., Стадник В. А., Шраменко И. Ф.	
Использование бадделеита для поисков карбонатитов	100
Хетчиков Л. Н., Дороговин Б. А., Вязовова Р. В., Быдаева Н. И., Комов И. Л., Носов С. Ф.	
Опыт использования термобарогеохимических данных при оценке хрусталеносных месторождений	105
Шилов В. И., Демченко П. П.	
Железисто-кремнисто-сланцевая формация Фатеевской структуры КМА и ее рудоносность	112
хроника научной жизни	
Доливо-Добровольский А. В., Проскуряков В. В., Франтов Г. С.	
О геолого-геофизических полигонах и заповедниках на Северо-Западе РСФСР	119

КРИТИКА И РЕЦЕНЗИИ

Твалчрелидзе Г. А., Бородаевская М. Б., Кривцов А. И.	
О монографии «Принципы прогноза и оценки месторождений полезных ископаемых»	123

Социалистические обязательства коллективов организаций и предприятий Министерства геологии СССР на 1979 год

Осуществляя исторические решения XXV съезда КПСС, коллективы организаций и предприятий Министерства геологии СССР настойчиво трудятся над выполнением заданий десятой пятилетки. Широко развернув социалистическое соревнование за выполнение и перевыполнение планов 1978 г., за достойную встречу первой годовщины новой Конституции СССР, большинство коллективов выполнили, а по ряду показателей перевыполнили установленные планы и социалистические обязательства.

План прироста и утверждения запасов в 1978 г. выполнен по всем видам полезных ископаемых, при этом по 20 из них досрочно, к первой годовщине Конституции СССР, выполнен трехлетний план. Завершен пятилетний план утверждения в ГКЗ СССР запасов по девяти видам полезных ископаемых. Свыше 3000 буровых и горнопроходческих бригад досрочно выполнили трехлетние планы, 88 бригад — четырехлетние, а восемь — пятилетние планы.

За достижение наивысших результатов во Всесоюзном социалистическом соревновании за повышение эффективности производства и качества работы в 1978 г., обеспечение устойчивых показателей в выполнении планов и повышенных обязательств 11 коллективов производственных геологических объединений, геологических управлений, трестов и экспедиций отрасли награждены переходящими Красными знаменами ЦК КПСС, Совета Министров СССР, ВЦСПС и ЦК ВЛКСМ, а шесть из них занесены на Всесоюзную доску почета на ВДНХ СССР.

Советские геологи, как и все трудящиеся нашей страны, с большим воодушевлением восприняли постановление ноябрьского (1978 г.) Пленума ЦК КПСС, выступление на Пленуме Генерального секретаря ЦК КПСС, Председателя Президиума Верховного Совета СССР товарища Л. И. Брежнева и решения десятой сессии Верховного Совета СССР.

Во всех коллективах геологических организаций и предприятий нашел отклик призыв партии и правительства еще шире развернуть социалистическое соревнование, направив его на изыскание резервов производства, поиск наиболее эффективных и экономичных путей достижения высоких конечных результатов, с тем чтобы все новое и прогрессивное находило быстрое распространение, а само соревнование активно способствовало подтягиванию отстающих до уровня передовых.

Инициатором развертывания социалистического соревнования в отрасли в 1979 г. выступил коллектив Иркутского территориального геологического управления, обязавшийся за счет повышения экономической эффективности геологоразведочных работ завершить годовой план прироста запасов всех полезных ископаемых к 1 декабря 1979 г., дополнительно, в порядке встречного плана, увеличить прирост запасов редких металлов на 10% и железных руд на 5%, усилить комплексные геологические исследования в зоне Байкало-Амурской магистрали, обеспечить рост объемов буровых работ за счет повышения производительности труда. Поддерживая инициативу передовых предприятий страны — работать без отстающих, коллектив Иркутского территориального геологического управления обязался добиться выполнения плана по основным показателям всеми бригадами и участками. Одновременно коллектив управления взял обязательство бережно расходовать материалы и электроэнергию, повысить уровень рационализаторской работы, пол-

Художественный редактор Л. Э. Немировский. Технический редактор А. Г. Иванова. Корректор В. А. Бобринская

Сдано в набор 23.03.79. Подписано в печать 24.04.79. Т-09414. Формат 70×108¹/₁₆.
Печать высокая. Усл. п. л. 11,2. Уч.-изд. л. 13,57. Тираж 3660 экз. Заказ № 223.

Адрес редакции: 123812, ГСП, Москва, Бол. Грузинская, д. 4/6.
Телефон 254-29-56.
Ленинградская картографическая фабрика объединения «Аэрогеология»

ностью реализовать план социального развития, оказать конкретную помощь сельскому хозяйству.

Первыми поддержали инициативу иркутских геологоразведчиков коллективы Обского производственного геологического объединения по разведке нефти и газа Главтюменьгеологии, Красноярского и Восточно-Казахстанского территориальных геологических управлений, Второго гидрогеологического управления, Краснодарской геологоразведочной экспедиции треста «Ворошиловградгеология», Кировской экспедиции, комплексной экспедиции «Мангышлакнефтегазразведка», буровых бригад мастеров В. А. Макара, А. А. Халина, В. С. Соловьева, Н. Д. Глебова из Главтюменьгеологии, А. Е. Ницака, В. А. Губина из Иркутского территориального геологического управления, Т. Зайнулова из объединения «Самаркандгеология», М. Д. Аврамца из треста «Харьковнефтегазразведка», В. И. Орицака из треста «Полтаванефтегазразведка», горнопроходческих бригад, возглавляемых Г. С. Ахметжановым из Управления геологии Киргизской ССР и Н. А. Редькиным из объединения «Самаркандгеология».

Трудящиеся отрасли, включившись в социалистическое соревнование под девизом «Ни одного отстающего рядом» за выполнение и перевыполнение плановых заданий четвертого года десятой пятилетки, повышение эффективности поисковых и разведочных работ, достижение высоких технико-экономических показателей, приняли на себя следующие социалистические обязательства:

1. К 7 октября 1979 г. — второй годовщине Конституции СССР выполнить:

по Министерству геологии СССР — пятилетний план прироста запасов молибдена и тантала; четырехлетний план прироста запасов железных и хромитовых руд, свинца, цинка, вольфрама, плавикового шпата и прироста мощностей угольных участков.

В том числе:

по Министерству геологии РСФСР — пятилетний план прироста запасов тантала, четырехлетний план прироста запасов бокситов, меди и мощностей угольных участков, перевыполнить пятилетний план прироста запасов нефти по Удмуртской АССР на 7,7%;

по Министерству геологии Украинской ССР — четырехлетний план прироста мощностей угольных участков;

по Министерству геологии Казахской ССР — пятилетний план прироста запасов меди и хромитовых руд, четырехлетний план прироста запасов железных руд, годовой план прироста запасов фосфоритов;

по Министерству геологии Узбекской ССР — годовой план прироста запасов плавикового шпата;

по Управлению геологии Таджикской ССР — пятилетний план прироста запасов свинца и цинка;

по Управлению геологии Киргизской ССР — четырехлетний план прироста запасов олова и сурьмы.

2. За счет совершенствования методики и улучшения организации геологоразведочных работ, внедрения достижений научно-технического прогресса и передового опыта обеспечить увеличение прироста запасов на один рубль затрат, перевыполнив без увеличения ассигнований план прироста запасов полезных ископаемых на 1979 г.:

по Министерству геологии СССР — серы на 16%, молибдена, вольфрама и тантала — на 10%, природного газа — на 10%, нефти — на 19%, цинка — на 8%, плавикового шпата — на 3%, железных руд — на 2,5%; хризотил-асбеста, оптического кальцита и кварца для плавок — на 2%, меди и сурьмы — на 2%.

В том числе:

по Министерству геологии РСФСР — природного газа на 10%, нефти — на 20%, при этом по Главтюменьгеологии природного газа — на 14%, нефти и конденсата — на 23%, молибдена и тантала — на 10%, плавикового шпата — на 4%, железной руды и свинца — на 2%, пятилетний план прироста запасов торфа;

по Министерству геологии Украинской ССР — серы на 16%, нефти — на 5%, железных руд — на 3,6%;

по Министерству геологии Казахской ССР — вольфрама на 10%, мощностей угольных участков — на 5% и меди — на 3%, пятилетний план прироста запасов железных руд;

по Министерству геологии Узбекской ССР — плавикового шпата на 5%, свинца и цинка — на 1%, годовой план прироста запасов природного газа выполнить к 62-й годовщине Великого Октября;

по Управлению геологии Грузинской ССР — четырехлетний план прироста запасов марганцевых руд по Чиатурскому месторождению выполнить к 62-й годовщине Великого Октября;

по Управлению Совета Министров Азербайджанской ССР по геологии — свинца и цинка на 10%;

по Управлению геологии Киргизской ССР — олова на 3%, меди и сурьмы — на 2%;

по Управлению геологии Таджикской ССР — сурьмы на 6%, цинка — на 8% и свинца — на 5%;

по Управлению геологии Туркменской ССР — природного газа на 10% и серы — на 12,5%;

по объединению «Союзкварцсамоцветы» — пьезокварца на 1%, амазонита, яшмы и жильного кварца — на 5%, оптического кальцита — на 2%; горного хрусталя — на 1%.

3. За счет улучшения организации геологоразведочных работ представить в ГКЗ СССР на 1—3 месяца ранее установленных сроков отчеты с подсчетом запасов по месторождениям: угольному — Краснолучскому Северному в Донбассе, цементного сырья — Аксайскому в Киргизии, гранитов — Зарабагскому в Узбекистане и Каиндинскому в Киргизии, подземных вод — Джусалинскому в Казахстане и ряду месторождений для водоснабжения городов Батуми, Орши, Хабаровска и Актогайского ГОКа.

4. В целях содействия дальнейшему развитию сельского хозяйства:

— выполнить за четыре года пятилетнее задание по разведке и утверждению запасов подземных вод для орошения земель и обводнения пастбищ;

— передать сельскохозяйственным организациям 600 скважин из числа геологоразведочных, вскрывших подземные воды, пригодные для водоснабжения.

В Нечерноземной зоне РСФСР:

— ко второй годовщине Конституции СССР завершить пятилетний план гидрогеологической и инженерно-геологической съемки для мелиорации земель в северо-западной части Нечерноземной зоны;

— выполнить годовой план разведки площадей торфяных месторождений на 113%;

— досрочно, к 62-й годовщине Великого Октября, передать в промышленное освоение 10 месторождений строительных материалов.

5. За счет повышения производительности труда на региональных геологосъемочных работах, достигаемого в результате применения прогрессивного группового вида съемки, выполнить сверх годового плана:

- геологическую съемку в масштабе 1:200 000 в районах Западной Сибири на площади 5 000 км²;
- аэрофотогеологическое картирование в масштабе 1:200 000 на площади 50 000 км²;
- космофотогеологическое картирование в масштабе 1:1 000 000 на площади 100 000 км².

Завершить выполнение пятилетнего плана по космофотогеологическому картированию в масштабе 1:500 000—1:1 000 000 ко второй годовщине Конституции СССР, проведя картирование в 1979 г. на площади 1900 тыс. км² против 1700 тыс. км² по плану.

6. С целью повышения эффективности и качества геофизических работ на основе внедрения прогрессивных методов полевых исследований, а также улучшения обработки и интерпретации получаемых материалов:

- подготовить сверх плана для передачи под глубокое бурение 180 км² нефтегазоперспективных площадей в районах Западной Сибири;
- повысить среднегодовую производительность сейсморазведочных работ по сравнению с планом на 5%;
- обеспечить более широкое внедрение ядерно-геофизических методов и перевыполнить плановые задания по их внедрению на 5%;
- осуществить внедрение в практику геофизических работ в Якутии эффективных сейсморазведочных и электроразведочных методов для повышения результативности поисков кимберлитовых трубок под трапповыми образованиями.

7. За счет повышения производительности труда без дополнительных ассигнований перевыполнить план морских региональных геофизических работ на 4%.

8. Поддерживая инициативу передовых коллективов страны — работать без отстающих, добиваться выполнения плановых заданий по основным показателям всеми бригадами и участками.

9. В соответствии с постановлением ноябрьского (1978 г.) Пленума ЦК КПСС сконцентрировать усилия научно-исследовательских организаций на решении важнейших задач отрасли; выполнить досрочно или сверх плана не менее 170 научно-исследовательских работ и опытно-конструкторских разработок.

В том числе, на 1—2 месяца раньше срока:

- составить геологическую карту СССР в масштабе 1:2 500 000 и геологическую карту зоны БАМа в масштабе 1:500 000;
- произвести пересчет прогнозных ресурсов нефти и газа на территории СССР;
- провести предварительные испытания цифровой вибрационной станции, входящей в состав опытного образца вибрационного сейсмического комплекса «Вибролокатор».

Сверх плана:

- дать научное обоснование перспектив выявления гидрогенных месторождений с рекомендациями по направлению поисковых и оценочных работ на площадях осадочного обрамления Урала, Казахстана и во впадинах Восточной Сибири;
- выпустить опытные образцы и провести промышленные испытания аппаратуры акустического каротажа для рудных и угольных скважин Парус-4 и аппаратуры плотностного каротажа для угольных скважин Кура-11;
- подготовить прогнозные карты газоносности подсолесовых отложений одного из объектов Астраханского свода с помощью программы распознавания образов «Поиск»;

- дать количественную оценку потенциальных ресурсов угля и горючих сланцев по территории СССР;
- разработать классификацию месторождений природных скоплений битумов и дать карту их размещения на территории СССР;
- завершить с хорошей и отличной оценками не менее 160 тематических разработок.

10. На основе ускорения научно-технического прогресса в отрасли:

- обеспечить перевыполнение планового объема бурения геолого-разведочных скважин с применением прогрессивной технологии на 5%, в том числе на высоких скоростях пробурить не менее 1600 тыс. м и со съемными керноприемниками 730 тыс. м;
- добиться условной экономии 28,5 млн. руб. от внедрения изобретений и рационализаторских предложений;
- дать не менее 650 заявок на предполагаемые изобретения;
- довести объем проходки подземных горноразведочных выработок скоростным способом до 115 против 110 тыс. м в 1978 г.;

11. Добиться в 1979 г. увеличения числа бригад, достигших отраслевых рубежей, против 1978 г.:

- на глубоком разведочном бурении на 25%;
- на колонковом бурении на 10%;
- на горноразведочных работах на 10%;

— довести количество бригад, достигших отраслевых рубежей, соответственно до 150, 1340 и 83.

Перевыполнить задания по скорости глубокого разведочного бурения на нефть и газ — на 1,5%, колонкового бурения — на 1%, проходки подземных горных выработок — на 2%.

12. Выполнить план по объему промышленной продукции к 28 декабря 1979 г., заводам отрасли выпустить сверхплановой продукции на 500 тыс. руб.; перевыполнить годовое задание по выпуску готовых изделий из цветных камней на 200 тыс. руб.; повысить коэффициент сменности металлообрабатывающего оборудования на основном производстве на 2% против достигнутого.

13. На основе осуществления организационно-технических мероприятий по совершенствованию технологии геологоразведочных работ, рациональному использованию, экономному расходованию и бережному хранению материально-технических ресурсов, а также широкого внедрения почина бригад буровых мастеров треста «Черниговнефтегазразведка» Ф. З. Рымаренко и Н. Л. Тихановского добиться экономии стальных труб 5200 т, проката черных металлов 700 т, цемента 5200 т, лесоматериалов 1420 м³, горюче-смазочных материалов 35 000 т (условного топлива), электроэнергии 29 млн. кВт·ч. Используя сэкономленные материалы, пробурить 50 тыс. м глубоких скважин.

14. За счет мобилизации дополнительных внутрихозяйственных резервов, усиления режима экономии и перевыполнения заданий по производительности труда, снижения стоимости геологоразведочных работ, сокращения непроизводительных расходов и потерь получить в целом по отрасли 2890 тыс. руб. сверхплановой прибыли.

15. В целях улучшения жилищных и культурно-бытовых условий работников геологических организаций ввести в эксплуатацию к 25 декабря 1979 г. жилые дома общей площадью 360 тыс. м², детские дошкольные учреждения на 2560 мест, школы на 540 мест, дом отдыха в Цхнети, клубы и красные уголки на 810 мест, столовые на 530 мест, магазины на 30 рабочих мест, холодильник на 500 т, овощехранилище на 700 т. Обеспечить досрочное освоение капиталовложений на строительство жилых домов, детских дошкольных учреждений и других объектов социального и культурно-бытового назначения.

16. Продать населению сверх плана товаров народного потребления не менее чем на 12,5 млн. руб.

Работники геологической службы заверяют Центральный Комитет КПСС, что, развивая социалистическое соревнование, повысят эффективность и качество геологоразведочных работ, обеспечат выполнение и перевыполнение плана экономического и социального развития на 1979 г., внесут достойный вклад в расширение и укрепление минерально-сырьевой базы страны и добьются новых успехов в осуществлении исторических решений XXV съезда КПСС.

Социалистические обязательства приняты коллективами геологических организаций и предприятий и одобрены коллегией Министерства геологии СССР и президиумом ЦК профсоюза рабочих геологоразведочных работ

УДК 556.3 : 63

В. М. ФОМИН (ВСЕГИНГЕО)

Гидрогеологи — сельскому хозяйству

Июльский (1978 г.) Пленум ЦК КПСС обратил особое внимание на необходимость повышения роли науки в дальнейшем развитии сельского хозяйства. Пленум подчеркнул, что интенсификация сельскохозяйственного производства на основе его всемерной механизации, химизации и мелиорации земель остается основным направлением аграрной политики партии на современном этапе.

Гидрогеологические организации Министерства геологии СССР систематически оказывают помощь сельскому хозяйству, однако наиболее активно эта работа стала проводиться после майского (1966 г.) Пленума ЦК КПСС и выхода постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 16 июня 1966 г. «О широком развитии мелиорации земель для получения высоких и устойчивых урожаев зерновых и других сельскохозяйственных культур».

На ВСЕГИНГЕО возложена задача оказать методическую помощь Министерству мелиорации и водного хозяйства СССР в обосновании мелиорации земель как основы интенсификации сельскохозяйственного производства. В связи с этим были выработаны три основных направления, по которым проводились гидрогеологические работы с целью обеспечения запросов сельского хозяйства:

1) комплексные гидрогеологические и инженерно-геологические съемки в районах орошения и осушения, а также гидрогеолого-мелиоративное районирование;

2) многолетнее изучение режима и баланса подземных вод;

3) разведка месторождений пресных подземных вод для водоснабжения, обводнения пастбищ и орошения.

За последние годы самостоятельным новым направлением стали работы по охране подземных вод от истощения и загрязнения, по гидрогеологическому и инженерно-геологическому обоснованию переброски части стока северных и сибирских рек в засушливые районы страны.

Комплексная гидрогеологическая и инженерно-геологическая съемка проводится для изучения региональных гидрогеологических и инженерно-геологических условий отдельных территорий, в первую очередь на землях проектируемого орошения и осушения, а также крупных действующих мелиоративных систем в связи с планируемым их переустройством.

Министерство геологии СССР производит комплексные гидрогеологические и инженерно-геологические съемки и исследования в масштабах 1:200 000 и 1:50 000, а Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР выполняет те же работы в масштабе крупнее 1:50 000, привлекая к ним в случае необходимости организации Министерства геологии СССР.

До 1967 г. гидрогеологическая служба имела небольшой опыт производства комплексных съемок для целей мелиорации. К этому времени подобные съемки проводились только Узбекским гидрогеологическим трестом Министерства геологии УзССР, а также Волго-Донским и Северо-Кавказским геологическими управлениями. В других геологических организациях опыт проведения таких съемок отсутствовал. Поэтому надо было резко увеличить объемы съемочных работ.

Для целей мелиорации оказалось необходимым с большой детальностью и точностью изучать водоносность пород до регионального водопора, что вызвало известные трудности. Были организованы комплексные гидромелиоративные и инженерно-геологические партии на Украине, Северном Кавказе, Средней и Нижней Волге, в Узбекистане, Туркмении, Киргизии, Казахстане, Таджикистане, Западной Сибири, Белоруссии, Молдавии и др. Особое внимание при этом было обращено на ускорение проведения комплексной гидрогеологической и инженерно-геологической съемок масштаба 1:50 000 на территории Заволжья, где Директивами XXIV съезда КПСС предусматривалось, а в настоящее время осуществляется строительство крупных оросительных систем (Куйбышевской, Волковской, Тепловской, Энгельсской и др.).

Задачи, поставленные перед гидрогеологами страны по оказанию помощи сельскому хозяйству, потребовали от научно-исследовательских институтов ВСЕГИНГЕО и ГИДРОИНГЕО создания методических основ специализированной съемки для целей мелиорации и разработки новых эффективных методов исследований, позволяющих значительно повысить информативность полевых материалов при минимальных затратах времени и средств. Научные исследования проводились по следующим четырем направлениям:

— создание методического руководства по проведению исследований для целей мелиорации;

— апробация и внедрение новых разработок на конкретных производственных объектах с последующим созданием рационального комплекса методов исследований применительно к различным природным условиям территории СССР (с этой целью во ВСЕГИНГЕО была создана опытно-методическая партия);

— оказание систематической научно-методической помощи производственным организациям по проектированию съемки, проведению полевых работ и составлению отчетов;

— повышение квалификации гидрогеологов путем проведения семинаров, кустовых совещаний и организации специализированных курсов при ВСЕГИНГЕО и ГИДРОИНГЕО.

Благодаря этим мероприятиям к началу девятой пятилетки организациями Министерства геологии СССР для нужд сельского хозяйства были проведены съемки масштаба 1:200 000 на площади 800 тыс. км² и масштаба 1:50 000 — 80 тыс. км². За годы девятой пятилетки средне-масштабной съемкой в целом по стране была охвачена площадь более 900 тыс. км², главным образом для решения вопросов обводнения пастбищ (Казахстан, РСФСР, Туркмения), а также мелиорации земель и обводнения пастбищ (Украина, Узбекистан, Киргизия). Крупномасштабная съемка проводилась с целью обоснования орошения в республиках Средней Азии, Казахстане, Среднем и Нижнем Поволжье, Молда-

вии; в небольших объемах и в гумидной зоне (Сибирь, Дальний Восток, Приморье).

В текущем пятилетии организации Министерства геологии СССР должны провести гидрогеологическую и инженерно-геологическую съемки масштаба 1:200 000 на площади 675 тыс. км², а масштаба 1:50 000 на площади 383,9 тыс. км². За три года пятилетки более половины указанных работ уже выполнено.

Решения июльского (1978 г.) Пленума ЦК КПСС обязывают еще шире развернуть гидрогеологические исследования в помощь сельскому хозяйству. Намечено продолжить гидрогеологические и инженерно-геологические съемки масштаба 1:50 000 на территории Узбекской (в границах существующих оазисов), Киргизской, Таджикской, Грузинской, Азербайджанской, Армянской и Украинской советских республик. В европейской части Российской Федерации будут завершены работы в Заволжье и на землях, прилегающих к низовьям Волги, Дона, Кубани и Терека. В Нечерноземной зоне РСФСР предусматривается выполнить работы на всех первоочередных объектах Минводхоза СССР. Гидрогеологическая съемка для целей мелиорации масштаба 1:200 000 будет завершена на территории Кулундинской и Барабинской степей Западной Сибири. Значительно возрастет объем съемочных работ в Восточной Сибири и Казахстане, а на юге, в границах оазисов, съемка будет полностью завершена.

Выполнению плана съемочных работ девятой пятилетки способствовало выпущенное ВСЕГИНГЕО в 1972 г. «Методическое руководство по проведению гидрогеологических и инженерно-геологических исследований на орошаемых, осушаемых и обводняемых землях», систематическое проведение семинаров, кустовых совещаний, организация школ передового опыта в Москве, Симферополе, Куйбышеве, Рязани, Астрахани, Ташкенте. Повышению эффективности работ и снижению их себестоимости способствовали работы по экспертизе проектов, выполненные сотрудниками ВСЕГИНГЕО и ГИДРОИНГЕО.

В целях обмена опытом и разработки вопросов по дальнейшему улучшению качества гидрогеологических и инженерно-геологических исследований совместно с Минводхозом СССР проведено три межведомственных совещания (Минск, 1969 г.; Саратов, 1963 г.; Баку, 1976 г.). Среднемасштабная и крупномасштабная гидрогеологическая и инженерно-геологическая съемки служат основой для организации изучения режима подземных вод, а также инженерно-геологических явлений и процессов, на основании чего определяются состав и методы мелиорации в различных природных условиях.

Удовлетворить требования к прогнозу на стадии технического проекта возможно только в том случае, если исследования выполнены с такой детальностью, при которой определены все показатели каждой морфоструктуры (до III порядка включительно), характеризующие их гидрогеологические и инженерно-геологические условия. Для удовлетворения современных требований к достоверности результатов исследований, выполняемых в процессе съемки масштаба 1:50 000, необходима детальная информация об изучаемом геологическом теле, о его строении и свойствах.

В приемлемые для практики сроки такая информация может быть получена только при условии применения рационального комплекса современных видов исследований, в состав которых должны быть включены ландшафтно-индикационные, геофизические и пенетрационно-каротажные методы.

Во ВСЕГИНГЕО на основании теории изменчивости состава и свойств горных пород и заключенных в них подземных вод разработана

методика обоснования объемов и видов работ при съемках масштаба 1:50 000, в частности, методика обоснования густоты сети опробования геологического тела в плане и разрезе при гидрогеологических и инженерно-геологических исследованиях. В основу этой методики положены результаты анализа достоверности применяемых в гидрогеологии методов исследований, объема опробуемого геологического тела и его неоднородность. При этом используется комплекс геофизических методов — электроразведка методом постоянного тока и вызванной поляризации, сейсморазведка методом преломленных волн и радиоволновое профилирование, — с помощью которых определяется глубина залегания грунтовых вод, проводится расчленение геологического разреза с выделением литологических разностей и мощностей водовмещающих комплексов пород до регионального водоупора, определяется общая минерализация подземных вод и засоление пород зоны аэрации, осуществляется интерполяция данных фильтрационного опробования пород в отдельных точках на весь объем исследуемого геологического тела.

Опыт использования этого метода в районах предгорной равнины Тянь-Шаня, низменных и возвышенных лёссовых равнин юга Украины, в низменных равнинах Сыртового Заволжья, Прикаспийской низменности, аллювиальных равнин долины р. Волги и др. показал, что объем буровых работ сокращается на 15—20%, опытно-фильтрационных — на 20—30%, а стоимость лабораторных исследований снижается на 50%. Все это позволяет сократить сроки проведения работ в 1,5—2 раза. Одновременно этот комплекс исследований обеспечивает картирование гидрогеологических и инженерно-геологических условий изучаемых объектов с необходимой для практики точностью.

Перспективы повышения эффективности региональных исследований связываются также с вводом в эксплуатацию во ВСЕГИНГЕО аналого-цифрового вычислительного комплекса (АЦВК) «Сатурн-2», снабженного программами для расчета фильтрации и тепломассопереноса подземными водами. Применение современных вычислительных средств и информационно-поисковых систем дает возможность осуществить прямую и обратную связи между полевыми работами и камеральной обработкой результатов полевых исследований. Известно, что первая активно влияет на вторую, однако такая связь пока в практике гидрогеологических исследований наблюдается не повсеместно. Особенностью проведения работ по указанной методике является обязательное двухстадийное проектирование, при котором первая стадия работ завершается созданием модели гидрогеологических условий объекта исследований и разработкой рекомендаций по ее уточнению, а на второй стадии выполняются работы, необходимые для уточнения модели.

В рамках проблемы АСУ — «Геология» и разрабатываемого государственного водного кадастра проводится работа по переводу информации, получаемой в процессе всех видов полевых работ, на современные информационные методы учета, хранения и обработки на ЭВМ. Уже сейчас имеется макет и код для сбора и хранения инженерно-геологической информации, в отдельных районах действует АИПС режима подземных вод, создан ряд программ для моделирования гидрогеологических процессов. Все это создает предпосылки для опытного внедрения предлагаемого метода.

По мере организации в геологических управлениях зональных вычислительных центров и создания достаточно гибких программ для расчетов фильтрационных потоков в сложных гидрогеологических условиях на ЭЦВМ машинную обработку материалов съемки можно будет проводить непосредственно на местах. Такие возможности имеются, например, в Казахстане, где создана комплексная опытно-методическая

экспедиция, подготовившая автоматизированную систему региональных гидрогеологических расчетов, способную осуществлять как обработку опытных откачек, так и моделирование пространственных фильтрационных потоков.

Разработанная в последнее время аппаратура и новые методы проведения отдельных видов работ также способствуют существенному повышению качества гидрогеологических и инженерно-геологических исследований и сокращению сроков их проведения.

Согласно постановлению июльского (1978 г.) Пленума ЦК КПСС новые крупные шаги предстоит сделать в развитии мелиорации сельскохозяйственных угодий. Успешному проведению комплексных съемок в отдельных районах страны во многих случаях препятствует отсутствие типизации территории СССР по сложности мелиоративного освоения с учетом особенностей мелиорируемых территорий различных природных регионов. В этой связи возникает необходимость разработки такой типизации, которая бы позволила оценивать территорию с позиций сложности ее мелиоративного освоения. В первую очередь должны быть четко определены критерии сложности мелиоративного освоения и основные требования к генпланам ТЭО и техническим проектам.

Для сокращения сроков и стоимости гидрогеологической и инженерно-геологической съемки с целью мелиорации разрабатываются комплексные порайонные расценки на съемку; использование их для финансирования съемочных работ в качестве цены позволит активно управлять стоимостью съемки путем систематического пересмотра этих расценок. В настоящее время во ВСЕГИНГЕО разработаны комплексные порайонные расценки на съемку масштаба 1:50 000 для сыртовых равнин Заволжья, аллювиальной долины р. Волги и морской равнины Прикаспийской низменности. В 1977 г. начато опытное внедрение их в организациях Нижне-Волжского ТГУ. Составлены «Методические рекомендации по разработке комплексных порайонных расценок».

Однако имеется еще много нерешенных вопросов. Комплексные порайонные расценки могут быть разработаны только на основе региональных методических руководств, детализированных вплоть до видов и объемов работ, оптимальных в конкретных условиях. По таким методическим руководствам должны быть разработаны комплексные порайонные расценки на съемку. В настоящее время на местах в производственных и научно-исследовательских организациях имеются достаточно высококвалифицированные и к тому же хорошо знающие местные условия кадры гидрогеологов, которые вполне могут сделать эту работу под методическим руководством головного института. Однако такое руководство составлено только для организаций Нижне-Волжского ТГУ; завершается работа для геологических организаций Украины. Остальные территориальные геологические управления к этой работе еще не приступили.

В настоящее время особо остро стоит вопрос об охране окружающей среды, в частности, об охране подземных вод от загрязнения и истощения, о рациональном их использовании для целей сельскохозяйственного водоснабжения и орошения. В связи с этим, в частности, по-видимому, следовало бы по материалам съемки представлять специальную карту защищенности подземных вод от загрязнения, методика составления которой разработана ВСЕГИНГЕО.

Касаясь вопроса гидрогеолого-мелиоративного районирования, необходимо отметить, что в 1966 г. под руководством ВСЕГИНГЕО для территории СССР была составлена карта по условиям применения вертикального дренажа с целью резкого улучшения мелиорации земель. Эта карта до настоящего времени широко используется организациями

Минводхоза СССР. Однако есть необходимость ее уточнить, дополнив новыми материалами, полученными за последнее время территориальными геологическими организациями, и с учетом накопленного опыта применения вертикального дренажа.

В 1969 г. ВСЕГИНГЕО подготовлено методическое руководство по гидрогеолого-мелиоративному районированию гумидной зоны, с помощью которого осуществлено районирование территории Прибалтики, Белоруссии, Украины, ряда районов РСФСР. Однако по большей части переувлажненных площадей Нечерноземной зоны РСФСР районирование не проводилось. Завершение этих работ следует считать задачей первостепенной важности для обоснования мелиоративных систем.

В настоящее время подготовлен к изданию альбом гидрогеологических карт масштаба 1:2 500 000 Нечерноземной зоны РСФСР, включающий карты: эксплуатационных ресурсов пресных подземных вод, основных водоносных горизонтов, перспективных для искусственного восполнения запасов подземных вод, источников искусственного восполнения запасов подземных вод и распространения подземных минеральных и промышленных вод. Карты сопровождаются объяснительной запиской.

Важное значение для сельского хозяйства имеет изучение режима и баланса подземных вод. Эти исследования проводятся на всей территории страны 102 гидрогеологическими станциями, из которых более половины изучают режим и баланс грунтовых вод в орошаемых и осушаемых районах. На основании материалов этих наблюдений ежеквартально даются прогнозы, рассылаемые организациям Министерства сельского хозяйства СССР и Минводхоза СССР.

К настоящему времени завершена работа по уточнению принципов размещения региональной сети скважин для изучения режима и баланса подземных вод. В 1978 г. изданы «Технические указания по обработке материалов наблюдений за режимом подземных вод и водно-балансовых исследований в мелиорируемых районах». Разработана новая методика прогноза режима подземных вод в мелиорируемых районах, позволяющая учитывать процессы взаимосвязи зоны полного и неполного водонасыщения пород в нарушенных мелиоративными работами условиях, оценивать фазовые переходы: порода — вода — соль и др. Новая методика прогноза режима подземных вод была применена непосредственно для обоснования проектов Ингулецкой, Куйбышевской, Волковской оросительных систем, Мургабского оазиса и др. общей площадью более 300 тыс. га.

Значительный интерес представляют исследования по изучению влияния осушения на режим и баланс подземных вод отдельных водосборов рек. Особое значение приобретает эта работа в связи с развитием мелиоративных работ в Нечерноземной зоне РСФСР.

Наряду с традиционными методиками проведения режимных наблюдений следует шире использовать новые, прогрессивные методы. В частности, опыт работы ВСЕГИНГЕО показал, что использование космических и высотных снимков эффективно для выяснения условий формирования и степени развития различных типов и видов современных геодинамических процессов. Эти снимки дают информацию о характере водообмена атмосферы с гидросферой и т. д.

Создание опорной сети наблюдений за содержанием стабильных изотопов в поверхностных и подземных водах наряду с наблюдениями за водно-балансовым режимом позволило бы существенно углубить наши представления о региональных и локальных процессах водообмена, происходящих в различных природных и ирригационно-хозяйственных условиях.

Подземные воды широко используются в сельском хозяйстве для водоснабжения населения, обводнения пастбищ и орошения земельных массивов, при этом с каждым годом роль их в общем балансе водопотребления возрастает.

Резкое увеличение использования подземных вод стало возможным благодаря проведенным в массовом масштабе гидрогеологическим съемочным и поисково-разведочным работам, научно-методические основы которых были разработаны ВСЕГИНГЕО, ГИДРОИНГЕО и другими институтами Министерства геологии СССР и других ведомств. Благодаря проведенным в СССР научным исследованиям завершена разработка научных основ поисков, разведки и оценки эксплуатационных запасов подземных вод. Подготовлены и изданы нормативные и методические документы, послужившие основой проведения поисково-разведочных работ. В настоящее время производственными организациями Министерства геологии СССР под методическим руководством ВСЕГИНГЕО завершаются работы по региональной оценке эксплуатационных запасов подземных вод в основных районах страны, имеющих важное народнохозяйственное значение.

На большей части территории Советского Союза потребности сельского населения в воде обеспечиваются за счет подземных вод. Как правило, эксплуатируются первые от поверхности водоносные горизонты, каптаж их осуществляется колодцами и одиночными скважинами. В горных районах широко используются родники. В некоторых республиках (РСФСР, Украина, Казахстан) созданы отдельные водозаборы, централизованно обеспечивающие потребности большого количества сельских населенных пунктов. В отдельных районах (Казахстан и Средняя Азия) для сельскохозяйственного водоснабжения используются воды поверхностных источников, в том числе ирригационных каналов.

В перспективе сельскохозяйственное водоснабжение практически на всей территории страны может быть обеспечено подземными водами, причем в большинстве случаев организация водоснабжения не потребует проведения дополнительных поисково-разведочных работ. Однако имеются районы, где даже небольшие потребности сельских населенных пунктов не могут быть удовлетворены за счет местных источников подземных вод, — Северный и Центральный Казахстан, южная часть Западной Сибири, Южное Поволжье, Украинский кристаллический щит и ряд других районов Южной Украины и т. д. В этих районах необходимо развивать исследования по выявлению и оконтуриванию площадей, где централизованное водоснабжение следует организовывать путем строительства групповых водозаборов. Поисково-разведочные работы в этих случаях выполняются так же, как и для нужд коммунального водоснабжения.

Почти повсеместно могут быть удовлетворены потребности в подземных водах для обводнения пастбищ (создания водопойных пунктов). Однако для некоторых районов, бедных подземными водами или практически лишенных их (например, участки Каракумской пустыни, Черные земли, отдельные районы Казахстана и др.), может быть рекомендовано создание искусственных линз пресных вод. Это потребует проведения специальных научно-методических и производственных исследований.

В ряде районов пастбищной зоны подземные воды могут быть также широко использованы для оазисного орошения на базе родников и скважин с самоизливающимися водами. Для выявления таких районов необходимо проведение комплекса поисково-разведочных работ.

Следует отметить, что существенное увеличение использования подземных вод для оазисного орошения и обводнения пастбищ возмож-

но путем проведения мероприятий по их более рациональной эксплуатации. По данным разового учета большое количество подземных вод мало используется (родники, скважины с самоизливающимися водами), например, в Армении, Азербайджане, Южном Казахстане, Узбекистане, Грузии. Все это вызывает необходимость составить региональные схемы комплексного потребления и охраны водных ресурсов, с тем чтобы определять, какую часть подземных вод можно использовать для орошения.

Известны районы, где при условии полного соблюдения требований водного законодательства использование подземных вод для орошения может быть значительно увеличено, тем более что этот способ орошения имеет ряд преимуществ перед потреблением для этих целей поверхностных вод: позволяет улучшать мелиоративную обстановку (если водозаборы подземных вод будут одновременно выполнять функцию вертикального дренажа), в некоторых случаях обогащать почву необходимыми для повышения урожайности химическими элементами, содержание которых в подземных водах значительно выше, чем в поверхностных, осуществлять сезонное, а иногда и многолетнее регулирование водных ресурсов без строительства дорогостоящих водохранилищ.

Наиболее перспективными для использования подземных вод в целях орошения являются Средняя Азия (Чуйская долина, северное побережье Иссык-Куля, Ферганская и Зеравшанская впадины, долина р. Чирчик, Дальверзинская степь, Вахшская и Кафирингайская впадины и др.), Казахстан (предгорные равнины Киргизского хребта и Заилийского Алатау, долина р. Или), Северный Кавказ (бассейн р. Терек), Закавказье (Алазанская впадина и Кизыл-Кировабадский массив, периферия Рионской низменности). Однако для выяснения реальной возможности использования подземных вод для этих целей необходимо провести комплекс научных, производственных и экспериментальных исследований, чтобы оценить влияние снижения уровня грунтовых вод на режимы почвообразования и урожайность различных сельскохозяйственных культур.

В связи с тем что восполняемые естественные ресурсы подземных вод в значительной степени расходуются на формирование поверхностного стока, возникает необходимость решения вопроса об учете подземных вод в водохозяйственных балансах как дополнительного источника орошения. Так, в аридной зоне испарение с поверхности грунтовых вод весьма значительно, поэтому здесь подземные воды могут существенно повысить водные ресурсы. Однако следует учитывать, что в ряде районов снижение уровней грунтовых вод может привести к нежелательным изменениям общих ландшафтных условий и режима почвообразования. Это необходимо иметь в виду при решении вопроса о рациональном использовании ресурсов подземных вод.

Практическое использование подземных вод для орошения возможно только при наличии их утвержденных эксплуатационных запасов. За последние годы проведены специальные гидрогеологические исследования по разведке подземных вод для орошения в Киргизии, Казахстане, Таджикистане, Узбекистане и отдельных районах РСФСР. В результате ГКЗ СССР утверждены эксплуатационные запасы подземных вод для орошения многих земельных массивов, но освоение этих запасов ведется медленно. Необходимо строго определить первоочередные объекты разведки подземных вод для целей орошения по союзным республикам. Одновременно в районах, перспективных на потребление подземных вод, проводить оценку технико-экономической целесообразности их использования.

В постановлении июльского (1978 г.) Пленума ЦК КПСС «О дальнейшем развитии сельского хозяйства СССР» отмечается необходи-

мость увеличения поставок минеральных удобрений сельскому хозяйству, организации промышленного производства новых препаратов для борьбы с сорняками и вредителями сельскохозяйственных культур (гербициды, пестициды и другие ядохимикаты). Интенсивное использование минеральных удобрений, ядохимикатов, развитие на промышленной основе животноводства обуславливает необходимость изучения воздействия сельского хозяйства на окружающую среду и, в частности, на подземные воды.

Минеральные удобрения, гербициды и другие виды пестицидов, с одной стороны, способствуют повышению урожайности сельскохозяйственных культур, а с другой — загрязняют поверхностные и подземные воды. В сельскохозяйственных районах пестициды относятся к числу основных загрязняющих веществ. Поскольку обработка пестицидами производится на больших площадях, загрязнение подземных вод может носить не локальный, а площадной характер.

Значительным сельскохозяйственным источником загрязнения подземных вод являются и крупные животноводческие комплексы. В 1976—1980 гг. только в Московской области намечено ввести в эксплуатацию около 50 таких комплексов. Утилизация отходов представляет важную и сложную проблему. Одним из путей ее решения является использование разбавленных стоков на массивах орошения для создания в каждом хозяйстве своей кормовой базы. Но такой способ утилизации таит в себе опасность загрязнения подземных вод. В этом случае основными загрязняющими веществами подземных вод являются азотистые соединения и прежде всего нитраты.

В этой связи важное значение приобретает прогноз влияния животноводческих стоков на качество подземных вод, ибо результаты этих прогнозов в целом ряде случаев могут оказаться решающими при обосновании проектирования животноводческих комплексов. Методика таких прогнозов разработана во ВСЕГИНГЕО, а их результаты для Наро-Осановского комплекса Московской области переданы в институт Мосгипроводхоз для использования при составлении проекта орошения животноводческими стоками. Представляется целесообразным в пределах территории деятельности каждого геологического управления выделить основные сельскохозяйственные районы и оборудовать их сетью наблюдательных скважин для систематического контроля за состоянием подземных вод.

ВСЕГИНГЕО выполняет значительные работы по изучению термальных вод и использованию их в народном хозяйстве страны, в первую очередь в сельском хозяйстве. Выявленные прогнозные запасы термальных вод на территории СССР позволяют рассматривать их как возможный источник теплоснабжения крупных тепличных хозяйств. Уже действуют тепличные хозяйства, обогреваемые термальными водами, в Дагестане (Тернаир), Чечено-Ингушетии (Ханкала), Грузии (Охурей), на Камчатке (Паратунка) и в других районах страны. Следует отметить, что кроме использования в теплицах, термальные воды могут быть применены для теплоснабжения сельских населенных пунктов, животноводческих ферм, для различных технологических нужд (мойка шерсти, сушка и др.).

Имеющийся опыт эксплуатации теплиц с обогревом термальными водами свидетельствует об экономической эффективности использования этих вод и позволяет сэкономить в целом по стране до 2—3 млн. т органического топлива в год. На перспективу намечаются большие задачи по расширению существующих и строительству новых тепличных хозяйств, использующих термальные воды, на Камчатке, в Западной

Сибири, на БАМе, в Казахстане, Средней Азии, на Северном Кавказе, в Грузии.

В настоящее время проводится переоценка прогнозных запасов термальных вод на территории СССР, что позволит после ее завершения уточнить и конкретизировать их запасы и качественные показатели по отдельным районам и участкам. Работа должна быть закончена в 1980 г. Результаты ее будут переданы всем заинтересованным организациям, в первую очередь, республиканским министерствам сельского хозяйства.

При проектировании более широкого и эффективного использования термальных вод в одиннадцатой и двенадцатой пятилетках министерствам сельского хозяйства союзных и автономных республик необходимо заранее связаться с геологическими организациями Министерства геологии СССР, чтобы получить необходимую информацию о площадях развития термальных вод, пригодных для теплоснабжения. Это позволит правильно спланировать и своевременно провести гидрогеологические исследования для указанных целей.

УДК 553.98 : 551.762.3 : 551.351 (575.1)

Х. Т. ТУЛЯГАНОВ (Мингео УзССР),
В. Д. ИЛЬИН (ВНИГНИ),
А. Г. ИБРАГИМОВ (объединение «Узбекнефтегазразведка»),
Ю. В. КАЕШ (Мингео СССР),
А. К. РАХИМОВ, Т. И. УБАЙХОДЖАЕВ (Мингео УзССР)

Верхнеюрские рифы — основной нефтегазоносный комплекс Узбекистана

Узбекистан является одним из новых крупных газодобывающих районов страны. Здесь на базе открытых и разведанных месторождений ежегодно добывается 36—37 млрд. м³ природного газа, который по системам магистральных газопроводов Средняя Азия — Центр, Бухара — Урал, Келиф — Мубарек — Ташкент — Джамбул — Фрунзе — Алма-Ата подается в промышленные районы европейской части СССР, Урала, республик Средней Азии и Казахстана.

В республике работают предприятия по получению элементарной серы из природного газа. Созданная усилиями производственных геологических организаций Узбекистана топливно-сырьевая база обеспечивает развитие газодобывающей промышленности [13].

В республике установлено пять нефтегазоносных регионов, из них Бухаро-Хивинский наиболее перспективный. Здесь сосредоточены основные объемы геологоразведочных работ. С этим районом связано и наибольшее число новых месторождений, открытых в ловушках различного типа в верхнеюрских карбонатных отложениях.

Последнее десятилетие характеризуется все возрастающей ролью карбонатных пород как объектов поиска в них залежей нефти и газа. В Узбекистане на 1/1 1978 г. разведанные в карбонатных отложениях балансовые запасы газа составляют около 80% общих запасов газа, а запасы нефти около 25% запасов нефти республики. Как показывают исследования, среди разнообразных карбонатных коллекторов Узбекистана наибольшей емкостью обладают породы рифовых комплексов. К аналогичному выводу приводит и сравнительный анализ емкостных и фильтрационных свойств карбонатных коллекторов рифового генезиса, развитых в других регионах страны и за рубежом.

В Западном Узбекистане на первом этапе поисково-разведочных работ на нефть и газ основное внимание было уделено изучению мелового комплекса, что привело к открытию в 1953—1961 гг. в этих отложениях крупных запасов природного газа, сосредоточенных в основном на месторождении Газли. Оно стало базовым месторождением магистрального газопровода Бухара—Урал. В результате дальнейших геологоразведочных работ установлено, что ареал газоносности мелового комплекса ограничен главным образом районами Бухарской тектонической ступени. Для нее характерно отсутствие толщи галогенных пород, отделяющих нижележащий карбонатный комплекс верхней юры от вышележащего терригенного комплекса меловых отложений. В результате ареал газоносности меловых отложений оказался ограниченным. Залежи газа и нефти распространены лишь на тех площадях, в разрезе которых отсутствует названная толща солей. В области развития галогенной толщи в Западном Узбекистане продуктивны, как правило, лишь подсолевые юрские отложения — главным образом толща карбонатных пород келловей—оксфорда.

С переходом в 60-х годах к новому объекту поисковых работ — подсолевым карбонатным отложениям Чарджоуской ступени — возник ряд трудностей технологического и геологического характера. Наличие в геологическом разрезе мощных толщ солей и ангидритов с включением рапосодержащих линз, высокопроницаемых рифовых тел с аномально высокими пластовыми давлениями (АВПД) и высоким содержанием агрессивных газов, а также зон интенсивных поглощений бурового раствора создавало крайне тяжелые условия проводки скважин. Положение усугублялось и тем, что в стране не был накоплен опыт бурения в таких условиях. Это приводило к авариям, открытым фонтанам, скважины не доводились до проектных горизонтов. На эффективности геологоразведочных работ отрицательно сказывалась также низкая разрешающая способность сейсморазведки МОВ, которая не давала надежной информации о глубинном строении разведываемых площадей.

В преодолении этих трудностей основную роль сыграло проведение Х. Т. Тулягановым комплексирование и определение направления работ научно-исследовательских и производственных организаций с целью всестороннего решения проблемы поиска залежей газа и нефти в подсолевых карбонатных породах [11, 12]. Перспективность этих отложений обусловлена их большим генетическим потенциалом [1]. Были выявлены некоторые особенности пространственной нефтегазоносности, обуславливающие различия перспектив этих комплексов, а следовательно, и выбор наиболее эффективных направлений поисковых работ [3].

Антиклинальная теория, на основе которой уже более 100 лет осуществляются поиски залежей нефти и газа, в современном виде является наиболее общей теорией пространственного размещения залежей. Ее основное положение — связь залежей с антиклинальными структурами — нашло блестящее подтверждение при поисках залежей в терригенных пластах-коллекторах. Из антиклинальной теории следует два основных положения: при наличии хороших покрышек чем больше ловушка, тем большие запасы в ней могут быть обнаружены, и чем больше мощность толщи пород, заключающих пласты-коллекторы, тем большая вероятность обнаружения крупных запасов. Названным условиям обычно отвечают наиболее погруженные центральные части нефтегазоносных бассейнов, и с ними следует связывать максимальные перспективы нефтегазоносности. Это положение хорошо подтверждается опытом геологоразведочных работ при поисках месторождений, приуроченных к терригенным породам — песчаникам и алевролитам. Действительно, в терригенных толщах наибольший потенциал нефте-

газоносности приурочен к зонам максимальной мощности чередующихся пластов-коллекторов и покрышек. Именно здесь максимально развиты нефтегазоматеринские комплексы, а наличие проницаемых пород обеспечивает максимальную реализацию нефтегазоносного потенциала.

Иначе обстоит дело с распределением нефтегазоносности в бассейнах карбонатного осадконакопления, особенно когда оно сменяется во времени галогенным, обеспечивающим региональный флюидоупор. Здесь в силу иного распределения потенциально нефтегазоматеринских (генерирующих) толщ и пород, обладающих достаточными емкостными свойствами, зоны возможной генерации и аккумуляции углеводородов разобщены. Они находятся, как правило, не в вертикальном, а в латеральном сопряжении, и поэтому на распределение нефтегазоносности в карбонатных отложениях влияет литолого-фациальный фактор. Наибольшая перспективность приурочена к зонам распространения пород-коллекторов, которыми в карбонатных толщах служат преимущественно органогенные разности известняков. Последние, как известно, в бассейнах карбонатного накопления формировались исключительно в мелководных условиях, главным образом в пределах широких шельфов.

Из мелководных карбонатных отложений наилучшими емкостными и фильтрационными свойствами характеризуются породы рифового генезиса. Они образуют высокеемкие природные резервуары массивного типа, способные накапливать крупные концентрированные залежи нефти и газа. Карбонатные породы, формировавшиеся в глубоководных условиях, представлены главным образом слоистыми глинистыми разностями, с низкими емкостными свойствами и поэтому не способны содержать значительные залежи даже в крупных высокоамплитудных ловушках.

Промежуточное положение по емкостным свойствам занимают карбонатные отложения, формировавшиеся в мелководной обстановке на участках шельфов, неблагоприятных для активного развития рифов. Породы-коллекторы в них имеют пластовый или линзовидный характер. Они обладают достаточно высокой открытой пористостью, но их удельный вес в разрезе значительно меньше, чем в породах рифового генезиса, а поэтому и емкость создаваемых ими природных резервуаров значительно меньше емкости резервуаров рифового типа. Тем не менее при наличии больших по площади и высоте структур в этих отложениях могут формироваться крупные газовые месторождения, например Кандым в Узбекистане, а за пределами Средней Азии Оренбургское месторождение и др. Различия в емкостных свойствах резервуаров, сложенных карбонатными породами указанных трех фациальных типов, наглядно видны при сравнении трех месторождений (рис. 1).

Обращает на себя внимание высокая концентрация запасов в рифовой ловушке Зеварды, хотя размеры ее на порядок меньше размеров ловушки Багаджа. Показательно также, что для накопления на площади Кандым в карбонатных породах мелководного (но не рифового) генезиса запасов, соизмеримых с запасами месторождения Зеварды, потребовалась ловушка, почти в 15 раз большая по размерам.

Основные фациальные типы отложений в бассейнах карбонатного выполнения в направлении от берега к морю образуют последовательно сменяющие друг друга ряды фаций мелководных шельфов, рифовых и бассейновых. Так как наибольшая перспективность (обусловленная емкостными свойствами отложений) связана с органогенными и мелководными породами, то и перспективность карбонатных толщ будет максимальной в зонах развития именно этих фаций, т. е. в периферийных частях бассейна.

Из этого общего правила имеется только одно исключение. Повышенную емкость карбонатный резервуар может иметь также в зонах развития рифовых шлейфов, формирующихся у подножий склонов шельфа (и даже в некотором удалении от них благодаря разносу обломочного материала течениями) и разобщенных с фациями рифов. В этом случае среди относительно глубоководных карбонатных пород

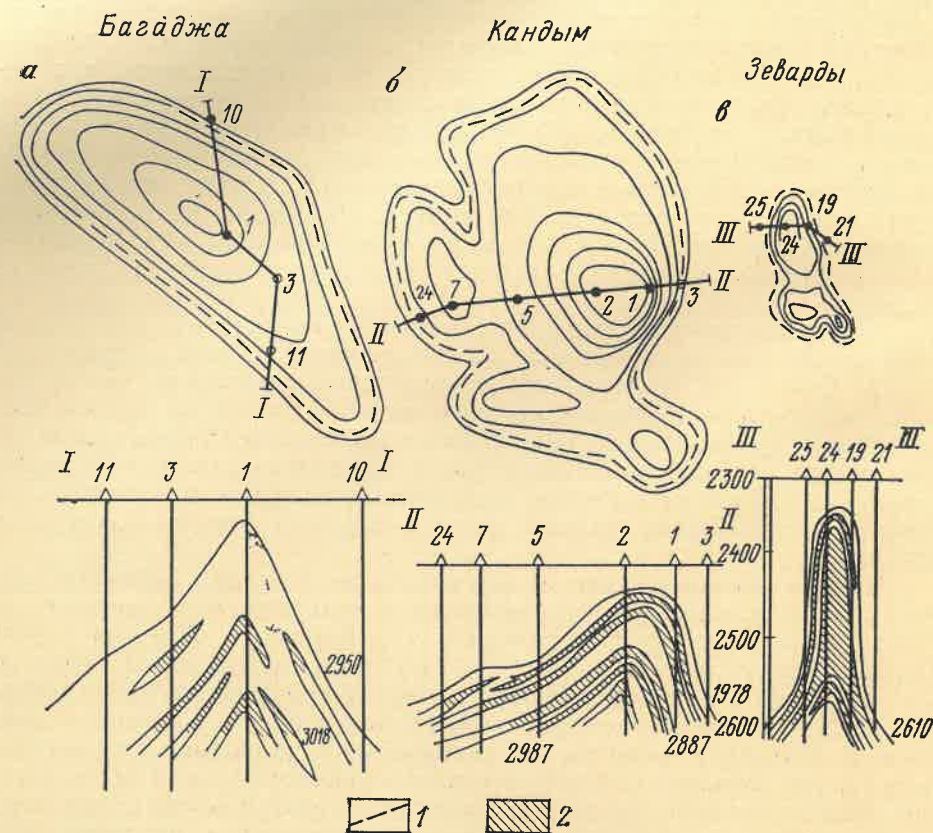


Рис. 1. Сравнительная характеристика залежей газа в карбонатных отложениях различных фациальных типов

а — залежь в карбонатных отложениях глубоководных фаций (площадь 335 км², высота 264 м, запасы 17 млрд. м³); б — залежь в карбонатных отложениях фаций мелководного шельфа (площадь 533 км², высота 151 м, запасы 152 млрд. м³); в — залежь в карбонатных отложениях рифовых фаций (площадь 38 км², высота 277 м, запасы 188 млрд. м³)
I — граница рифовых построек; 2 — газовая залежь

появляются достаточно мощные пачки карбонатных отложений мелководного тенеизиса, обладающие высокими емкостными свойствами. Формирование таких пород-коллекторов связано с крутизной и морфологией склона шельфа и характером (направлением и интенсивностью) течений. Обычно они формируются вдоль подножия шельфа в виде протяженных барообразных накоплений, но иногда могут выноситься мутьевыми потоками далеко в бассейн, образуя протяженные пласты-коллекторы среди непроницаемых глинистых карбонатных пород. Однако и в этом случае для формирования большого месторождения необходима крупная по размерам ловушка.

Этот тип карбонатных резервуаров на большей части Амударьинской синеклизы почти не изучен. С ним связаны некоторые месторож-

дения в Туркмении. В Узбекистане они известны в Юго-Западном Гиссаре (Адамташ, Гумбулак и др.), причем здесь их емкостные свойства еще лучше за счет интенсивно развитой тектонической трещиноватости. Представление о емкостных свойствах карбонатных отложений различных фациальных групп можно получать путем сравнения удельных плотностей (концентрации) запасов (табл. 1).

Таблица 1

Сравнение удельных плотностей запасов газа в карбонатных отложениях Узбекистана

Фациальный тип продуктивных отложений	Район	Месторождение	Удельная плотность запасов, млн. м ³ /км ²
Рифовый	Чарджоуская ступень	Уртабулак	2377
		Зеварды	4845
		Денгизкуль	1244
	Бешкентский прогиб	Карим	1984
		Южный Памук	4000
		Шуртан	3122
	Бухарская ступень	Каракум	770
		Северный Мубарек	815
		Акджар	295
Шельфовый мелководный	Чарджоуская ступень	Кандым	284
		Даяхатын	286
		Хаджиказган	205
	Чарджоуская ступень	Тегермен	66
		Сакар	60
		Багаджа	50
Бассейновый глубоководный	Чарджоуская ступень	Хаузак-Шады	233
		Самантепе	350
		Кирпичлинский вал (ТССР)	435
Шлейфовый	Юго-Западные отроги Гиссарского хребта	Адамташ	776
		Гумбулак	706

Из табл. 1 видно, что при переходе от одной фациальной группы отложений к другой удельная плотность запасов может измениться на целый порядок. Аналогичные соотношения получаются и при сравнении этих данных по другим районам.

Таким образом, в случае карбонатных образований решающим фактором является не размер структуры, а фациальный тип пород продуктивной части разреза, так как именно он определяет эффективный объем резервуара. Поэтому при планировании поисковых работ в карбонатных отложениях первой задачей должно быть выяснение их фациальной зональности — определение зон, в которых преимущественно развиты карбонатные породы мелководного типа, зон распростране-

ния пород относительно глубоководного типа и возможно разделяющих их рифовых фаций. На первом этапе поисковых работ, когда значение фациального фактора было недостаточно ясно, в Западном Узбекистане, как и в других геологически сходных регионах, он не учитывался, и основным критерием перспективности площадей были размеры выявленной структуры. К тому же господствовавшие в 60-х годах представления об относительной однородности, пластовом строении подсолевых верхнеюрских карбонатных отложений и малой вероятности обнаружения в них рифовых фаций [2] не способствовали глубокому изучению связи между продуктивностью карбонатных пород и их литолого-фациальным типом.

Пересмотр традиционных представлений о составе и строении верхнеюрского карбонатного комплекса, типах существующих в нем ловушек и факторах, определяющих их продуктивность, начался после открытия в 1963 г. на южном крыле структуры Уртабулак высокодебитной залежи газа. Впервые на возможность обнаружения в Западном Узбекистане погребенных ловушек рифового типа и связанных с ними крупных залежей было указано в работе [8].

Целенаправленные исследования нефтегазоносности рифовых комплексов Западного Узбекистана осуществлялись Министерством геологии УзССР при активной поддержке Министерства геологии СССР, поставивших четкие задачи и обеспечивших возможность их решения за счет повышения эффективности глубокого бурения путем внедрения высокоэффективных колонковых снарядов, что позволило получить представительный керн. Значительно улучшилась информативность поисковых и детальных сейсмических работ благодаря внедрению новых методов и модификаций сейсморазведки (МОГТ, МОГ) и детальному изучению сейсмогеологических особенностей разреза методами скважинной сейсморазведки. В итоге этих работ, сопровождавшихся значительными объемами параметрического бурения (до 20% от годового объема глубокого бурения), в короткий срок были изучены региональная структура верхнеюрского карбонатного комплекса и фациальная зональность, а также выявлены факторы, определяющие продуктивность этого комплекса, что позволило установить наиболее эффективные направления геологоразведочных работ. Выполненные в творческом содружестве производственных (объединение «Узбекнефтегазразведка» Министерства геологии УзССР) и научно-исследовательских (ВНИГНИ, ИГИРНИГМ) организаций исследования позволили выявить широкое развитие рифовых фаций, изучить их типы, приуроченность к определенным стратиграфическим интервалам, а также установить связь с древними структурными и геоморфологическими элементами.

В верхнеюрской карбонатной формации Западного Узбекистана развиты три протяженные зоны разновозрастных барьерных рифов среднего (?) — позднего келловоя (Карасан-Карабаирская), раннего — позднего оксфорда (Ляйлякан-Каракумская) и позднего оксфорда (Кугитанг-Денгизкульская). В рифовых постройках указанных зон открыто 22 месторождения газа и нефти, причем наиболее перспективные приурочены к рифам Кугитанг-Денгизкульской зоны и к участку пересечения Ляйлякан-Каракумской зоны с Бешкентским прогибом, т. е. находятся в пределах районов, где рифовые постройки перекрыты мощными толщами сульфатно-галогенных отложений гаурдакской свиты кимериджа — титона. В Узбекистане выявлено четыре типа рифовых построек: карабаирский, уртабулакский, култакский и зевардинский (рис. 2).

Карабаирский тип представляет собой накопления органогенно-обломочных разностей известняков, образующих локализованные зоны

повышенной пористости и проницаемости в толще карбонатной формации, и по своему генезису относится скорее всего к накоплениям типа баров, формировавшимся на месте разрушенных рифовых построек. Подобные формы с реликтами биогермных образований были установлены в Юго-Западном Гиссаре и прослежены в узкой полосе между Карасаном и Ташкурганом. Для образования ловушек нефти и газа этот тип рифовых построек должен быть вовлечен в структурообразующие движения, причем необходимо, чтобы свод формирующейся антиклинали совпадал с участком максимальной мощности проницаемого интервала разреза, так как иначе не образуется замкнутый контур пористого тела.

Рифовые постройки этого типа развиты только в отложениях среднего (?) — верхнего келловоя в наиболее высокой части Бухарской ступени за границей распространения солей сульфатно-галогенной формации кимериджа — титона. Поскольку в указанных районах наблюдается конформное строение структурных планов юры, мела и палеогена, а для образования ловушки в рифовых постройках этого типа необходимо возникновение замкнутой структуры, то и выявление их может осуществляться обычными метода-

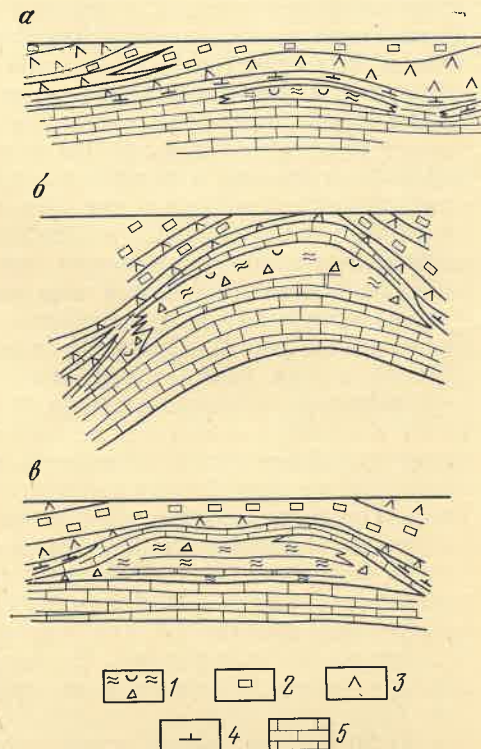


Рис. 2. Типы рифовых построек

а — култакский; б — уртабулакский; в — зевардинский; 1 — рифовые фации; 2 — соль; 3 — ангидрит; 4 — калийные соли и рапа; 5 — нерифовые карбонатные фации

ми структурного бурения или сейсморазведки МОВ по любым реперным горизонтам в палеогене и мелу (обычно известняки бухарских слоев или пачки глин верхнего кампана) или отражающим горизонтам (пачка ангидритов кимериджа — титона, песчаники неокома и др.). Опоискование таких ловушек не требует особых методических приемов и осуществляется традиционным разбуриванием антиклинальных структур. Фонд ловушек рассматриваемого типа в Узбекистане практически исчерпан, с ними связаны небольшие залежи на площадях Карабаир, Кызылрабат, Западный Гашлы и других, не оказавшие существенного влияния на общий баланс разведанных запасов газа республики. В настоящее время поисковые работы на этот тип ловушек проводятся в незначительном объеме.

Рифовые ловушки култакского типа представляют собой линзовидные тела мощностью 40—70 м, сформированные кальцийвыделяющими водорослями и заключенные в толщу малопроницаемых разностей карбонатных пород. По своему генезису они относятся к образованиям типа подводных банок тектонического и нетектонического происхождения, формировавшихся на локальных поднятиях дна моря и из-за отсутствия жесткого каркаса не получивших активного развития в высоту.

Поиски рифовых построек рассматриваемого типа из-за их небольшой мощности сопряжены с трудностями, и надежная методика их выявления еще не разработана. Из косвенных признаков используется выявление на временных разрезах МОГТ зон дифрагированных волн, образование которых связано с усилением неоднородности литологического состава сульфатно-галогенной формации над участками развития рифов данного типа. Эта неоднородность выражается в резкой изменчивости мощности пачки средних ангидритов и появлении в ней линз солей.

Геологическими причинами указанных особенностей строения разреза являются процессы постседиментационного уплотнения пачки черных глинистых известняков, залегающих в кровле карбонатной формации. Эти известняки компенсировали аккумулятивный рельеф, сформированный органогенными постройками, и мощность их контролировалась топографией морского дна — в пониженных участках формировались большие мощности. На с niveлированной поверхности дна впоследствии отлагались сульфатные образования (пачки нижних ангидритов), мощность которых как над рифовыми, так и над межрифовыми участками была примерно одинаковой. В дальнейшем процессы постседиментационного уплотнения приводили к более интенсивному прогибанию поверхности солей над участками развития наибольших мощностей черных глинистых известняков. Эти процессы, протекавшие наиболее интенсивно в период формирования пачки средних ангидритов и верхних солей, привели вначале к неоднократным сменам галитового и сульфатного осадкообразования (чередованию и линзованию ангидритов и солей), а затем к неравномерному по площади формированию пачек калийных солей, максимальное накопление которых происходило на наиболее прогибавшихся участках, т. е. над межрифовыми участками. Последнее обстоятельство также может быть использовано для уточнения контура развития рифовых построек.

К рифовым постройкам култаского типа, характеризующимся в целом невысокими емкостными свойствами из-за небольшой мощности, приурочены средние (Култас) и мелкие (Камаши, Бешкент) газоконденсатные месторождения. В перспективе эти рифовые постройки должны часто встречаться во внутренней Кугитанг-Денгизкульской зоне барьерного типа в пределах Бешкентского прогиба.

Рифовые постройки зевардинского и уртабулакского типов представлены крупными органогенными массивами, несущими все черты типичных рифов — наличие в их теле развитых биогермных массивов, широкое распространение в теле рифа обломочных фаций и шлейфовых фаций на склонах и у подножий, следы неоднократных эрозий, связанных с выводом построек к поверхности морских вод. К этим рифовым постройкам приурочены наиболее перспективные залежи углеводородов, и поиск их является главным направлением геологоразведочных работ.

Названные типы построек различаются по своему внутреннему строению и соотношению с вмещающими породами, в пределах зон барьерных рифов они занимают строго определенное положение.

Рифы уртабулакского типа приурочены к внешнему (фронтальному) краю зоны барьерных рифов, зевардинского — расположены во внутренней (тыловой) части зоны барьерных рифов.

Рифы уртабулакского типа формировались в более активной гидродинамической обстановке в условиях высоких энергетических уровней, что приводило к интенсивному их разрушению. С этим связано более высокое содержание обломочных разностей биоморфных известняков по сравнению с долей собственно биогермных пород. Рифы уртабулакского типа характеризуются также широким развитием шлейфовых

вых образований. Мощность их может достигать величин, соизмеримых с мощностью самого рифа.

Рифы зевардинского типа формировались в тыловой части зоны барьерного рифа в более спокойной гидродинамической обстановке, они характеризуются преобладанием биогермных образований над обломочными и слабым развитием шлейфов.

Рифовые постройки рассмотренных типов имеют значительную высоту, нередко превышающую 200 м, но отличаются формой в плане. Рифы уртабулакского типа обычно вытянуты вдоль зоны барьерного рифа, образуя его внешний край, длина их значительно превышает ширину, а рифы зевардинского типа имеют изометричную форму и по отношению к внешнему краю барьерного рифа ориентированы по-разному. Размеры рифовых построек, как правило, невелики (рифы уртабулакского типа при длине 12—18 км имеют ширину 3—5 км, размеры рифов зевардинского типа от 2×3 км до 6×8 км), однако благодаря большой высоте и хорошим емкостным свойствам содержат крупные залежи газа. В последние годы были открыты разновидности рифов уртабулакского типа, представленные частично совмещенными в плане разновозрастными рифовыми комплексами (площадь Шуртан). Здесь поздняя рифовая постройка формировалась на шлейфовых обломочных фациях и склоне более древней рифовой постройки, что привело к образованию крупного природного резервуара площадью более 100 км². Рассматриваемые типы рифовых построек различаются и по соотношению с вмещающими породами.

Рифы уртабулакского типа в фронтальной части сопряжены с толщей обломочных известняков фаций шлейфов. На некотором удалении от склона рифа в сторону моря они перекрыты переслаивающимися известняками и ангидритами (ТП). Весь этот разрез венчает пачка нижних ангидритов небольшой мощности, трудно отделяемая от ТП. С тыловой части данный тип рифов сопряжен с пачкой черных глинистых известняков, перекрытых мощной толщей (до 150 м) нижних ангидритов.

Описанное асимметричное строение предрифовых и зарифовых отложений, сопряженных с рифовым массивом, служит характерным поисковым признаком рифовых построек уртабулакского типа в пределах Кугитанг-Денгизкульской зоны барьерного рифа. Для рифов данного типа в пределах Ляйлякан-Каракумского барьерного рифа асимметрия сохраняется, но указанные выше типы сопряженных отложений меняются местами. Разрез, характерный для зарифовых участков верхнеоксфордских рифов (Кугитанг-Денгизкульской зоны), развит на предрифовых участках нижнеоксфордских рифов Ляйлякан-Каракумской зоны, а разрез, развитый в предрифовой зоне Кугитанг-Денгизкульского барьерного рифа, слагает зарифовую часть рифов Ляйлякан-Каракумской зоны.

Это связано с некоторыми различиями в условиях формирования упомянутых зон барьерных рифов. Рифы Ляйлякан-Каракумской зоны наибольшее развитие получили в раннем оксфорде, когда был сформирован край Бухарской ступени. Начиная с позднего оксфорда рифообразование сместилось на Чарджоускую ступень, и за новой зоной барьерного рифа (Кугитанг-Денгизкульской) возник водоем с затрудненным водообменом. В нем происходило накопление тонкоотмученных пелитовых осадков, видимо, с интенсивным сероводородным заражением, преобразовавшихся в процессе литификации и диагенеза в пачку черных глинистых известняков. Она и оказалась в сопряжении с фациями фронтального склона рифов Ляйлякан-Каракумского барьерного рифа. В тыловой же части указанных рифов в лагунных условиях позднего

оксфорда формировались пласты ангидритов, чередующиеся с пластами известняков.

Условия формирования рифов Кугитанг-Денгизкульской зоны были несколько иными. После активного развития в позднем оксфорде процесс рифообразования начал затухать из-за возникновения юго-западнее в море нового очага рифообразования и отчленения новой части акватории, где в лагунных условиях раннего кимериджа стали формироваться толщи переслаивания известняков с ангидритами. Именно они и перекрыли отложения фронтального склона позднеоксфордских рифов Кугитанг-Денгизкульского барьерного рифа. Разновозрастность толщ переслаивания известняков с ангидритами, развитых в пределах Бухарской ступени, Кандымского выступа, Юго-Западного Гиссара, и сходных образований в центральной части Чарджоуской ступени (Денгизкульский выступ) и Восточной Туркмении часто не учитывается при геологических реконструкциях и приводит к существенным ошибкам.

Рифы зевардинского типа в отличие от уртабулакского не обладают асимметрией в строении сопряженных с ними отложений. По периферии они контактируют с пачкой черных глинистых известняков, перекрытых мощными пачками нижних ангидритов. К своду рифа они выклиниваются или частично замещаются известняками надрифовой пачки, а нижние ангидриты резко сокращаются в мощности.

Рассмотренные особенности соотношения рифов с вмещающими отложениями обуславливают образования клиновидных сопряжений литологически различных толщ. На них и основан метод «клин», позволяющий на поисковом и главным образом на разведочном этапах геологоразведочных работ уточнять местоположение свода рифовой постройки и ее границы.

В качестве поискового признака, определяющего положение скважины относительно склона рифовой постройки, могут служить наблюдаемые в керне углы наклонов слоев в перекрывающих рифы породах (надрифовые известняки, пачки черных глинисто-карбонатных пород и так называемые варвиты — тонкопереслаивающиеся слои ангидритов и известняков, залегающие в низах пачки нижних ангидритов). Для формирования последних необходимы спокойная гидродинамическая обстановка и выровненное ложе [10]. Такие условия существовали в межрифовых участках в период накопления черных глинисто-карбонатных пород. После их отложения происходило формирование варвитов — пород с характерной ленточной слоистостью.

Процессы постседиментационного уплотнения привели к тому, что первоначальное горизонтальное залегание варвитов в межрифовых зонах на участках их прилегания к склонам рифов было осложнено, они приобрели значительный наклон. Эти же особенности соотношений рифов с вмещающими породами обуславливают возможность выявления рифовых построек на временных разрезах МОГТ и МОГ. Поскольку плотность карбонатных отложений рифового комплекса значительно ниже плотности вмещающих его карбонатных пород нерифового генезиса и плотности ангидритов, латерально сопряженных с рифовым массивом, между ними образуются четкие границы. Они фиксируются на временных разрезах локально ограниченными участками резко наклоненных осей синфазности между протяженными субпараллельными осями синфазности, которые прослеживаются на хорошо коррелируемых уровнях средних ангидритов и низов карбонатной формации. Данный поисковый признак получил название «сейсмического клина». Другим поисковым признаком является сокращение по мере приближения к рифовой постройке числа коррелируемых фаз и их сближение в интервале времени, отвечающем уровню залегания соленосной формации.

Это происходит вследствие общего сокращения мощности сульфатно-галогенной формации над сводом рифовой постройки.

При интерпретации временных разрезов следует иметь в виду, что наклон осей синфазности сходный с «сейсмическим клином» может быть получен и от локальных вздутий мощности пачки нижних ангидритов, нередко наблюдаемых в пределах Чарджоуской ступени и особенно в Бешкентском прогибе. Отличить ложный «сейсмический клин» можно по характеру коррелируемости осей синфазности в интервале времен, отвечающих толще карбонатных отложений. Вследствие неоднородности известняков рифового массива и резких различий между плотностью карбонатных пород рифового генезиса и подстилающих их карбонатных отложений в указанном интервале на участке, заключенном между двумя «сейсмическими клиньями», направленными вершинами навстречу друг другу, наблюдается ухудшение (или потеря) корреляции внутри рифового массива и довольно четкая граница раздела рифа с подстилающими известняками. На участках же, где сейсмический клин образован локальным вздутием мощности нижних ангидритов, этих признаков не наблюдается. Указанные особенности временных разрезов МОГТ и МОГ наиболее отчетливо проявляются при картировании одиночных рифовых массивов верхнеоксфордского Кугитанг-Денгизкульского барьерного рифа, поскольку наблюдается резкое увеличение мощности нижних ангидритов от 20 до 140 м от свода к склонам, что создает благоприятные сейсмологические условия картирования (возможность отчетливого фиксирования отражений от нескольких поверхностей раздела на нерифовых участках и слияние фаз из-за сближения горизонтов к своду рифового массива).

Известны случаи, когда «сейсмический клин» выражен нечетко из-за сильной растянутости. Такая форма записи наблюдается на участках развития рифовых построек, перекрытых соленосными отложениями сокращенной мощности, когда различия в суммарной мощности нижних солей и нижних ангидритов над рифовыми и нерифовыми участками не столь значительны, а главное, сами рифовые постройки располагаются под моноклинально залегающими отложениями. Вместо четко коррелируемых фаз от отдельных поверхностей раздела внутри сульфатно-галогенной толщи и кровли известняков получается сходящийся пучок прерывистых осей синфазности, сливающийся в одну-две фазы к своду рифовой постройки. Положение рифа определяется участком минимального числа фаз и локального сокращения между ними интервала времени.

Выявление указанных признаков, существенно расширивших информативность геофизических исследований, оказалось возможным благодаря применению современных методов сейсморазведки МОГТ, МОГ и широкому использованию ЭВМ.

Помимо рассмотренных общих признаков рифовых построек на временных разрезах, имеется ряд особенностей, характерных для определенного типа рифовых построек, позволяющих отнести риф предположительно к одному из известных типов. Эти особенности вытекают из отмеченных различий в соотношении рифов с вмещающими отложениями.

Рифы уртабулакского типа характеризуются четким «сейсмическим клином» с тыловой стороны, где мощные (до 120 м) пачки нижних ангидритов и нижних солей (150—200 м) сокращаются к своду рифа до 70—80 м, и отсутствием «клина» со стороны бассейна, так как на этом участке, сложенном мощной толщей обломочных известняков (шлейфовые фации), перекрытых пачкой переслаивания известняков с ангидритами, отсутствуют жесткие плотностные разделы.

Рифы зевардинского типа, окруженные по периметру мощной толщей нижних ангидритов (80—140 м) и пачкой нижних солей (200—250 м), на временных разрезах образуют два «сейсмических клина», направленных острыми вершинами навстречу друг другу. Рифы (банки) култаского типа в силу своей малой мощности (40—70 м) не имеют четкого выражения на временных разрезах. На их возможное присутствие указывает наличие в разрезах в интервале времен, соответствующем средним ангидритам — кровле известняков, участков интенсивного развития дифрагированных волн. Образование этих волн обусловлено неоднородностью строения нижней части сульфатно-галогенной толщи, заключающей в себе линзовидные пачки ангидритов, и резко изменчивой мощностью средних ангидритов, создающих условия для многократных внутренних отражений падающих и восходящих волн. Поскольку участки наибольшей неоднородности разреза сульфатно-галогенной формации приурочены к участкам развития рифов (видимо, наличие хорошо выраженного аккумулятивного рельефа нарушало стабильность соленакпления), то зоны развития дифрагированных волн в указанном интервале времен могут служить поисковым признаком погребенных рифовых построек култаского типа.

Этот прием используется в ряде районов, в том числе в Северном Прикаспии, Белоруссии, но дает лишь качественную оценку: позволяет наметить участки наиболее вероятного местоположения рифовой ловушки. Точность картирования погребенных рифов, перекрытых соленосными отложениями, все еще остается невысокой. Связано это в первую очередь с тем, что при обработке сейсмических материалов без данных бурения невозможно учитывать все локальные изменения литологического состава перекрывающих риф отложений, которые сказываются на скорости прохождения волн, уверенно выделять и стратифицировать целевые волны и т. п.

Точность картирования погребенных рифовых построек методами сейсморазведки значительно повысилась после осуществленного комплексирования сейсморазведки с глубоким бурением, широкого внедрения методов скважинной сейсморазведки и доподготовки площадей сейсморазведкой на этапе разведочного бурения. Благодаря этим методическим приемам была обеспечена возможность переинтерпретации материалов сейсморазведки с учетом результатов глубокого бурения. Это привело к существенному повышению эффективности геологоразведочных работ, что может быть показано на примере месторождения Зеварды.

Рифовый массив Зеварды, по данным бурения и первых сейсмических съемок, представлялся в виде вытянутой в меридиональном направлении брахиантиклинали с наиболее приподнятой частью свода в южной части на участке скв. 1 и 10. Однако эти скважины продуктивный горизонт не вскрыли, так как из-за интенсивных рапопроявлений были ликвидированы. Исследования показали, что линзы рапы в зонах формируются над нерифовыми участками (рис. 3), но в этом случае интерполируемое по отметкам кровли известняков положение свода Зевардинского рифа под линзой рапы противоречило указанной закономерности. Кроме того, к 1976 г. неясным оставалось положение западного склона в северной части рифового массива, где по данным бурения от скв. 19 к скв. 24 намечался небольшой подъем кровли продуктивных известняков, и положение северной границы рифового массива, так как ни одной скважиной на этом участке зарифовые отложения вскрыты не были.

Для решения перечисленных вопросов потребовалось бы пробурить не менее 3—4 скважин общей стоимостью около 3—4 млн. р. Указан-

ные задачи были решены сейсморазведкой МОГ, выполненной Контроль полевой и промысловой геофизики Министерства геологии УзССР; при этом на несколько профилей затраты составили меньше 1 млн. р. В результате выяснилось, что скв. 1 и 10, давшие интенсивные рапопроявления, в действительности расположены не на своде, а над межрифовым участком, вдающимся в виде глубокого залива в южную часть

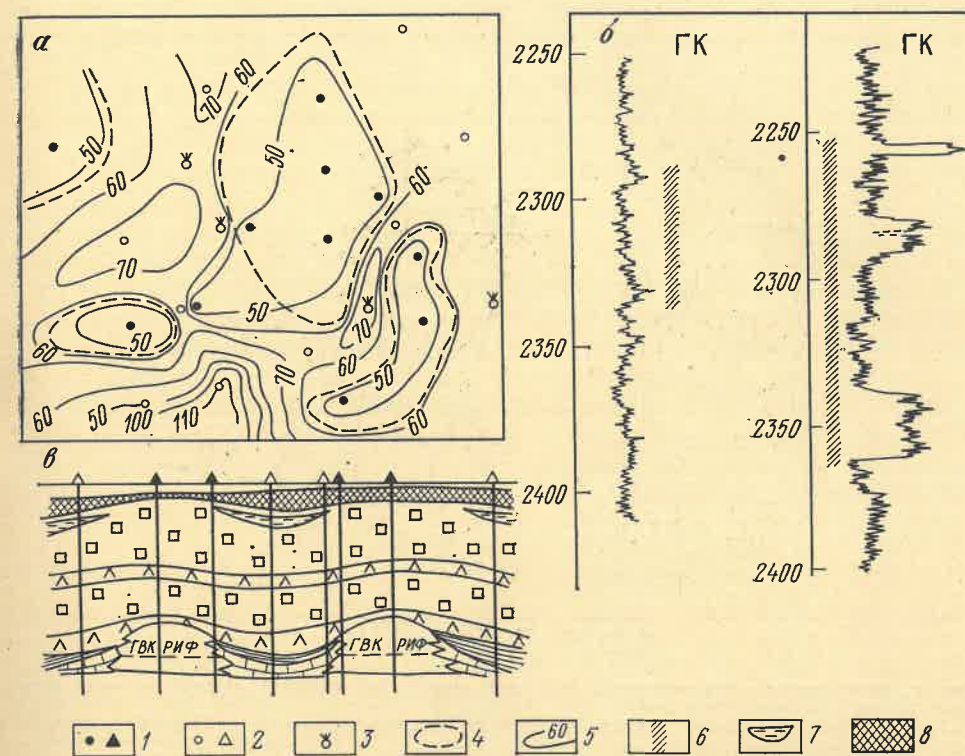


Рис. 3. Использование рапопроявлений и изменения мощности калиевого интервала для уточнения контура рифовой постройки и его положения относительно бурящейся скважины. а — карта контуров рифовых построек и изопакх калиевого интервала; б — калиевый интервал в продуктивной (слева) и непродуктивной (справа) скважине; в — принципиальная схема соотношения рифовых построек с мощностью интервала калиевого интервала и линзами рапы; 1 — скважины продуктивные; 2 — скважины непродуктивные; 3 — скважины с рапопроявлениями; 4 — границы рифовых построек по данным сейсморазведки МОГ; 5 — изопакхы калиевого интервала; 6 — интервал калиевого интервала; 7 — линза рапы; 8 — покрывающие терригенные отложения. Остальные усл. обозн. те же, что на рис. 2

рифового массива. Северная и западная границы рифового массива оказались в непосредственной близости от пробуренных скв. 17, 24, 20, а скв. 22, давшая фонтанный приток рапы, несмотря на высокое гипсометрическое положение в ней надсолевых отложений, расположена за пределами рифового массива (рис. 4).

Возможности повышения эффективности геологоразведочных работ в значительной степени зависят от правильно спланированного поискового этапа, во время которого устанавливается нефтегазоносность площади и определяется ее промышленная ценность. Решение этих задач с минимальными затратами и в сжатые сроки может быть проведено на основе разработанной системы заложения поисковых скважин по методу «критического направления» [4], творчески развитому объединением «Узбекнефтегазразведка» (Т. И. Убайходжаев, М. Н. Урумов, А. Г. Ибрагимов и др.).

Сущность метода заключается в опережающем бурении скважин в местах наименее ясного геологического строения структуры или участках, дающих основную геологическую информацию, необходимую для планирования дальнейших геологоразведочных работ. Такие участки и целевые задачи получили название «критических».

Применительно к поисковому этапу разведки месторождений в рифовых комплексах после установления продуктивности рифовой ловушки «критическим направлением» является выяснение принадлежности ее к одному из выделенных типов, так как от этого зависит выбор мес-

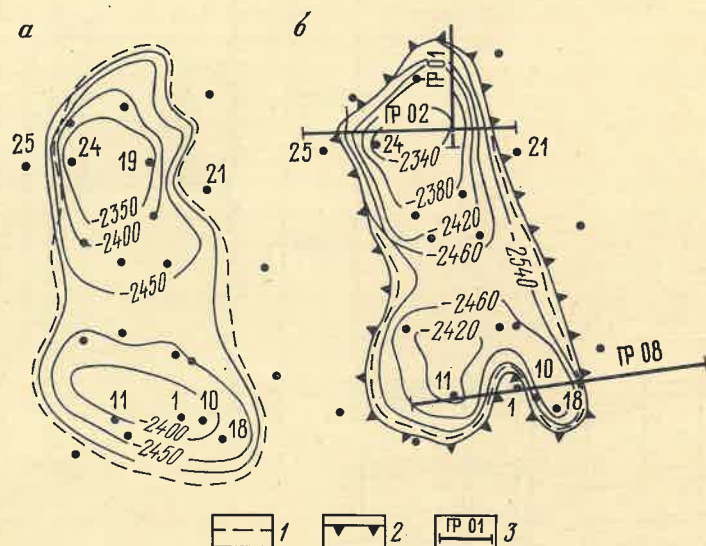


Рис. 4. Использование сейсморазведки МОГ для детализации строения рифовой ловушки площади Зеварды на разведочном этапе

а — представления о строении площади до детализации сейсморазведкой; б — то же, после проведения детализационных работ; 1—2 — границы рифа: 1 — до детализации, 2 — после детализации; 3 — профили МОГ

тоположения новых скважин и расстояние между ними. Рифовые ловушки уртабулакского типа отличаются от ловушки зевардинского типа отсутствием мощной пачки нижних ангидритов со стороны бассейна, развитием на этом склоне мощной толщи шлейфовых известняков и толщи переслаивания известняков с ангидритами. Получение информации о подобном строении разреза однозначно определяет тип рифовой постройки и позволяет планировать дальнейшее бурение. Поэтому после бурения первой скважины, устанавливающей продуктивность площади, вторую скважину следует задавать на склоне, обращенном в сторону бассейна, на расстоянии (учитывая небольшую ширину рифов этого типа) не более 1,5—2,0 км. Последующие скважины должны дать информацию о примерной площади открытого рифа, высоте залежи, пластовом давлении и положении ГВК (ВНК). Эти данные позволят оценить возможные запасы открытого месторождения и составить проект его эффективной разведки.

Для рифов зевардинского типа «критическим направлением» также будет участок со стороны бассейна. Данные об отсутствии толщи переслаивания известняков с ангидритом на этом участке и присутствии в разрезе пачки черных глинистых слоистых известняков под мощной пачкой нижних ангидритов однозначно определяют тип рифа.

При определении контура нефтегазоносности и запасов углеводородов существенную роль играют бурение и опробование скважин. Условия бурения в зонах развития рифовых образований весьма сложны, поэтому предъявляются особые требования к конструкции, а также технологии проводки и опробования скважин.

Для обеспечения нормальной работы в этих условиях в течение прошедшего периода специалистами производственных и научно-исследовательских организаций Министерства геологии УзССР совершенствовалась технология бурения, разрабатывались конструкция скважин, новые типы буровых и тампонажных растворов. Была принята конструкция скважин раздельного крепления солевых отложений и продуктивной части юрской системы. Осуществлялись крепление скважин хвостовиками специальной разработки и спуск тяжелых обсадных колонн по секциям.

Для прохождения солевых отложений на Чарджоуской ступени разработаны соленасыщенные буровые растворы на основе крахмала, КССБ, КМЦ, соапстока и других химических реагентов. Вскрытие же продуктивных рифовых массивов с АВПД осуществлялось утяжеленными буровыми растворами (плотностью 2,0—2,2 г/см³), обрабатываемыми реагентами К-4, К-9, гипаном, игетаном и др. [9].

В последние годы с целью сохранения естественных коллекторских свойств рифовых пород, а также предотвращения прихватов бурильного инструмента начали применять буровые растворы на нефтяной основе типа известково-битумного раствора (ИБР). Это позволило существенно улучшить информативность извлекаемого кернового материала и тем самым увеличить запасы залежей углеводородов.

Для прохождения бурением высокопроницаемых рифовых тел, которые легко поглощают буровой раствор, принято превышение давления столба бурового раствора над пластовым 2—3% против предусмотренного 5—10% в «Единых технических правилах ведения работ при бурении скважин». Это способствует предотвращению ухода бурового раствора в пласт и образованию глинистой корки на стенках скважины. Но такое снижение забойного давления чревато опасностью фонтанирования. Поэтому в Узбекистане разработаны и применяются забойный пакер-превентер ППВ-170 [7], система автоматического поддержания уровня в скважине. Использование же высокомоментных турбобуров, долот ИСМ, АН, АВ позволило значительно повысить скорости бурения и увеличить проходку на долото, что очень важно при вскрытии пластов с АВПД.

В Министерстве геологии УзССР разработан и успешно применяется эжекторный колонковый снаряд ЭСГ-4, позволяющий существенно улучшить вынос керна в рифогенных образованиях. Кроме того, для отбора керна широко используется эффективный снаряд «Недра».

Проведены работы по совершенствованию крепления скважин с целью повышения качества разобщения пластов. Разработаны способы и устройства для секционного спуска тяжелых колонн и хвостовиков; широко применяются двухступенчатое цементирование, оснастка обсадных колонн клапанами типа ЦКОД и центраторами для предотвращения затрубных газопроявлений.

Применение испытателей пластов на бурильных трубах и опробователей пластов на кабеле в процессе бурения позволяет в короткие сроки оценить нефтегазоносность объекта и определить дальнейшую перспективность площади. В процессе опробования скважин через колонку также используются новейшие способы и аппаратура, позволяющие увеличить достоверность информации.

Работы по совершенствованию технологии вскрытия и опробования рифовых образований с АВПД в комплексе с геолого-геофизическими исследованиями позволили за короткий срок открыть значительные запасы углеводородов в погребенных рифовых постройках на Чарджоуской ступени и юго-западных отрогах Гиссарского хребта.

Одним из условий эффективной разведки открытых залежей нефти и газа является наличие надежной информации о возможных их запасах на ранних этапах геологоразведочных работ. Существующие методы оценки перспективных запасов основаны на методе аналогии либо на использовании формулы подсчета запасов промышленных категорий. В последнем случае необходима обширная информация, в том числе о коллекторских свойствах, эффективности, мощности, температуре, обычно отсутствующая на поисковом этапе и в начале разведочного. Метод аналогии для месторождений в карбонатных отложениях также мало надежен, так как быстрая смена фаций обуславливает и различную емкость двух резервуаров даже в непосредственной близости друг от друга.

Авторы изучили возможности оценки перспективных запасов разведочных площадей на основе установленных значений удельных плотностей запасов в основных фациальных типах карбонатных отложений. Систематическая обработка материалов по месторождениям, законченным разведкой, с запасами, утвержденными ГКЗ СССР, показала, что уже на ранних стадиях разведочных работ имеется возможность составить ориентировочное представление о вероятной площади залежей, а также определить их высоту и пластовое давление. Установление фациального типа карбонатных пород-коллекторов на основе рассмотренных выше признаков также не представляет больших затруднений.

Указанные данные позволяют провести ориентировочную оценку запасов разведываемой площади с большой точностью.

Предлагаемая формула расчета может быть представлена в следующем виде:

$$Q = S P_y K_a,$$

где Q — запасы газа; S — предполагаемая на поисковом этапе площадь залежи, рассчитанная по формуле эллипса с учетом положения ГВК на основе текущей структурной карты.

$$S = 3,14 \frac{ab}{4},$$

где a — длина залежи; b — ширина залежи; P_y — удельная плотность запасов, характерная для фациального типа отложений, слагающих резервуар ловушки; K_a — коэффициент аномальности пластового давления (отношение пластового давления к гидростатическому) для газовых залежей; по залежам с пластовым давлением меньше 200 кгс/см² принимается равным 0,5, при пластовых давлениях свыше 200 кгс/см² — равным величине отношения пластового давления к гидростатическому.

Рекомендуются следующие значения P_y (в млн. м³/км²):

1) для рифов уртабулакского и зевардинского типов на Чарджоуской ступени и в Бешкентском прогибе 2000; 2) для рифов култакского типа 300; 3) для рифов всех типов на Бухарской ступени 850; 4) для отложений фаций шельфа 250; 5) для отложений бассейновых фаций 50; 6) для отложений фаций склонов и шлейфов в платформенных областях 350 и в орогенных областях 750.

В табл. 2 показана сходимость оценки запасов углеводородов на месторождении после завершения разведочных работ (принятых за

Таблица 2

Сходимость оценки запасов углеводородов на месторождениях Узбекистана

Площадь	Год утверждения запасов ГКЗ	Год завершения поискового этапа	Запасы, рассчитанные по формуле, % от утвержденных	Площадь	Год утверждения запасов ГКЗ	Год завершения поискового этапа	Запасы, рассчитанные по формуле, % от утвержденных
Уртабулак	1971	1964	105	Даяхатын	1969	1966	82
Зеварды	1976	1971	75	Кандым	1972	1968	98
Карактай	1967	1964	80	Култак	1973	1964	72
Северный	1977	1974	102	Аккум	1972	1967	130
Уртабулак				Шуртан	1977	1974	86

100%) и рассчитанных по предложенной формуле на основе геологических данных в конце поискового этапа.

Реализация вышеизложенных методических приемов поисково-разведочных работ на нефть и газ в ловушках рифового типа Западного Узбекистана позволила в течение последних лет успешно выполнить задание по приросту и утверждению запасов газа и нефти и в сравнительно короткий срок существенно расширить ресурсы газодобывающей промышленности республики. В VIII и IX пятилетках приращение запасов газа было соответственно в 2,5 и 3,6 раза больше, чем в VII пятилетке, а за два года X пятилетки выполнены пятилетние задания по приросту и утверждению запасов газа. В настоящее время 80% текущих запасов углеводородов республики сосредоточено в месторождениях рифового типа. Благодаря совершенствованию методики поисково-разведочных работ ускоренные темпы прироста запасов сопровождаются ростом экономической эффективности.

Обобщение накопленного в Узбекистане опыта поисков и разведки месторождений, приуроченных к рифовым ловушкам, позволяет сделать следующие выводы.

1. Открытие в верхнеюрских рифовых комплексах месторождений газа с суммарными запасами более 1 трлн. м³ свидетельствует об их высокой перспективности. В связи с этим необходимо расширить поисково-разведочные и геофизические работы в районе Кушабского прогиба, где в неструктурных условиях отмечены одиночные рифовые постройки внутренней части Кугитанг-Денгизкульского верхнеоксфордского барьерного рифа. В Кушабском районе ожидается открытие не только газоносных рифов, но и нефтеносных типа Северного Уртабулака, Южного Зекры и др. В Бешкентском прогибе будут продолжены поиски новых рифовых ловушек севернее и южнее месторождения Шуртан в полосе развития Ляйлякан-Каракумского нижнеоксфордского барьерного рифа и на территории, примыкающей к границе с Туркменией, где ожидается распространение одиночных рифовых построек внутренней части зоны Кугитанг-Денгизкульского верхнеоксфордского барьерного рифа. Будут расширены поисковые работы на рифовые ловушки вдоль границы Бешкентского прогиба с Кашкадарьинским, в Сурхандарьинском прогибе и в Юго-Западном Гиссаре.

2. Для решения этих задач требуется дальнейшее совершенствование геофизических методов выявления и оконтуривания рифовых ловушек различного типа в районах со сложными сейсмологическими условиями (Бешкентский прогиб, юго-западные отроги Гиссара, Сурхандарьинский прогиб).

3. Усилия научно-исследовательских организаций нужно направить на выявление фациальной зональности карбонатных отложений, совершенствование методов изучения емкостных и фильтрационных свойств карбонатных пород-коллекторов, повышение точности оценки запасов, разработку методов вскрытия и опробования пластов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акрамходжаев А. М. Органическое вещество — основной источник нефти и газа. Ташкент, ФАН, 1973.
2. Бухаро-Хивинская нефтегазоносная область/А. Г. Бабаев, Е. В. Лебзин, А. Н. Симоненко, И. В. Кушников. Ташкент, Изд. АН УзССР, 1963.
3. Геология и нефтегазоносность рифовых комплексов Средней Азии/В. Д. Ильин, Ю. В. Каеш, Н. Х. Алимухамедов и др. — Серия геол., методы поисков и разв. месторождений нефти и газа. М., ВИЭМС, 1974.
4. Ильин В. Д., Клещев К. А., Сафонов Н. И. О размещении поисковых скважин при разведке малоамплитудных структур Восточного Устюрта. — Нефтегазовая геология и геофизика, 1969, № 19, с. 3—7.
5. Нефтеосность мезозойских отложений Западного Узбекистана. Ташкент, ФАН, 1977.
6. О перспективах открытия в Западном Узбекистане и Восточной Туркмении месторождений, связанных с верхнеюрскими рифами/В. Д. Ильин, В. А. Загоруйко, А. Г. Ибрагимов и др. — Геология нефти и газа, 1970, № 2, с. 39—43 с ил.
7. Опыт применения забойного пакер-превентора ППВ-170 при бурении глубоких скважин/А. А. Гайворонский, Ю. Г. Апанович, А. К. Рахимов и др. М., ВНИИОЭНГ, 1978.
8. О рифогенных структурах Западного Узбекистана/В. В. Семенович, В. Д. Ильин, А. Г. Ибрагимов и др. — Геология нефти и газа, 1968, № 10, с. 16—20.
9. Рахимов А. К., Норматов А. Н. Техника и технология бурения нефтяных и газовых скважин в осложненных условиях (семинар «Современные методы поиска и разведки полезных ископаемых»). Ташкент, 1976, с. 3—25.
10. Рихтер-Бернбург Г. Влияние циклов солнечной активности и других климатических циклов на образование ленточных эвапоритов. — В кн.: Проблемы палеоклиматологии. М., Мир, 1968, с. 336—346.
11. Туляганов Х. Т. Новые нефтегазоносные районы Узбекистана. — Геология нефти и газа, 1972, № 12, с. 12—18.
12. Туляганов Х. Т. Результаты геологоразведочных работ на нефть и газ в Узбекистане в девятой пятилетке и задачи на 1976—1980 гг. — Геология нефти и газа, 1976, № 4, с. 7—13.
13. Туляганов Х. Т. Нефтеразведчики Узбекистана к 60-летию Великого Октября. — Геология нефти и газа, 1977, № 9, с. 13—19.

УДК 553.985(47+57)

Р. Н. ВАЛЕЕВ (ВНИИгеолнеруд), Г. Т. ЮДИН (ИГиРГИ),
Р. М. ГИСМАТУЛЛИН, В. Л. ШТЕЙНГОЛЬЦ (ВНИИгеолнеруд)

Битумонефтегазоносные бассейны и оценка ресурсов природных битумов СССР

За последние годы в ряде стран мира наметилась тенденция все более широкого вовлечения в сферу производства месторождений битумного сырья. Так, в дорожном строительстве США сейчас используется до 10% асфальтсодержащих пород [8]; аналогичное применение имеют эти породы во Франции, Анголе. В Канаде, кроме того, из битумсодержащих песков гигантского месторождения Атабаска осуществляется добыча нефти [15]. Число стран, обладающих значительными запасами природных асфальтов и других битумов, невелико — это Канада (около 144 млрд. т), Венесуэла (110 млрд. т), США (3,4 млрд. т) и некоторые другие.

В СССР зоны и области битумопроявления установлены во многих регионах, однако большинство из них слабо изучены. Промышленные

запасы приняты на баланс лишь по трем месторождениям: Первомайскому — 1876 тыс. т (Куйбышевская обл.), Натанебскому (Грузинская ССР) — 438 тыс. т битуминозных пород и Садкинскому (Оренбургская обл.) — 194 тыс. т асфальтита. В настоящее время разрабатывается лишь Садкинское месторождение, где добывается около 20 тыс. т высококачественного асфальтита, используемого в химической, пластмассовой и других отраслях промышленности. Таким образом, учтенные запасы природных битумов на территории СССР крайне незначительны и не могут обеспечить потребности народного хозяйства, хотя прогнозные их запасы по всем известным зонам битумонакопления очень велики.

Решение проблемы использования битумов в промышленности должно базироваться прежде всего на оценке ресурсов тех областей и зон битумонакопления, которые расположены в промышленно-экономических районах страны.

Исходя из требований к битумному сырью, предъявляемых различными отраслями промышленности, а также условий их залегания, промышленными можно считать следующие месторождения.

1. Для дорожного строительства — скопления битумов в карбонатных и терригенных коллекторах, залегающих на поверхности или близ нее, при соотношении полезной мощности залежей к вскрыше 1:1, а для крупных скоплений — не более 1:3, с содержанием твердых полувязких битумов в породе 4—6% и выше.

2. Для получения аглопорита и гидрофобного порошка — скопления битумов с соотношениями мощности залежей к вскрыше не более 1:1, с содержанием битума не ниже 3%.

3. Для добычи нефти — скопления махлы и асфальта в терригенных коллекторах мощностью более 1 м, при насыщении их битумом 8—10% и выше. В качестве месторождений второй очереди (с учетом совершенствования способов извлечения битума из породы) можно принять месторождения с минимальным содержанием битума 5%.

Известно, что вязкие и твердые природные битумы, образующие самостоятельные скопления, представляют собой продукты гипергенного преобразования нефтей, т. е. являются типичными нафтидами [9, 12]. Изучение их в общем ряду эпигенетических углеводородных преобразований в земной коре показало четкую пространственную связь битумов с крупными областями устойчивого прогибания — нефтегазоносными бассейнами, где происходит генерация и аккумуляция углеводородов, с одной стороны, и периферическими областями поднятий и их склонов, где происходили и происходят гипергенные процессы разрушения углеводородов, — с другой.

Таким образом, нефтегазоносный бассейн, содержащий в качестве полезного ископаемого нефть и газ, по мере своего развития может перейти на новую ступень как по фазовому состоянию, так и по качественным характеристикам углеводородных компонентов. Бассейны со значительными самостоятельными скоплениями битумов по аналогии с нефтегазоносными могут быть названы битумонефтегазоносными. Если в нефтегазоносном бассейне происходят процессы массовой генерации и накопления углеводородов, то в битумонефтегазоносном — их массовое разрушение. К нефтегазоносным, например, относятся бассейны молодых эпигерцинских платформ — Западно-Сибирской, Скифской и Туранской, — которые практически лишены сколько-нибудь значительных концентраций вторичных битумов.

Битумонефтегазоносные бассейны весьма различаются по степени разрушенности скоплений нефти и соответственно по объемам содержащихся в них природных битумов. Одни из них близки к типичным

нефтегазоносным и содержат очень небольшое количество вязких и твердых битумов. Другие, напротив, характеризуются весьма значительными масштабами битумонакопления, превышающими современные объемы сохранившейся от разрушения нефти (Западно-Канадский, Северо-Каспийский и т. д.). Существуют бассейны, где скопления нефти полностью разрушены и превратились в залежи битумов в результате их полной гидродинамической раскрытости. К таким относятся бассейны Лиманьского грабена (Франция) и, вероятно, Минусинской впадины. Нередко в процессе тектонического развития седиментационный углеводородсодержащий бассейн претерпевает полную инверсию с образованием приподнятых складчатых сооружений. Лишь наличие скоплений битумов нефтяного генезиса свидетельствует о некогда существовавшей здесь обстановке нефтегазообразования и накопления. К примеру, многочисленные скопления битумов (оксикериты, гуминокериты) известны в обрамлении мезо-кайнозойской Ферганской впадины, возникшей на месте крупного палеозойского прогиба, представлявшего собой, по-видимому, древний нефтегазоносный бассейн.

Таким образом, седиментационный бассейн при соответствующих геологических и термобарических условиях в процессе структурных перестроек, широко идущих процессов латеральной и вертикальной миграции, а также гипергенеза углеводородов проходит несколько стадий развития, образуя следующий эволюционный ряд: седиментационный — нефтегазоносный — битумонефтегазоносный — битумный бассейн. Этот ряд завершается областями битумонакопления древних палеобассейнов, претерпевших инверсию.

Как показывает изучение основных битумонефтегазоносных бассейнов СССР и их зарубежных аналогов, основное влияние на масштабы битумонакопления, состав природных битумов и типы скоплений оказывают процессы тектогенеза. При этом ведущую роль играют явления унаследования и новообразования структур, степень нарушения и дислоцированности осадочного чехла, а также термобарические условия. Поэтому типизация нефтегазоносных и битумонефтегазоносных бассейнов должна базироваться прежде всего на тектонической принадлежности последних к участкам земной коры, характеризующимся определенным уровнем геотектонического развития.

Тектонические классификации нефтегазоносных бассейнов публиковались неоднократно [2, 6, 14 и др.], но принцип генетической режимной типизации предлагается впервые. В основу его положены ранее разработанные классификационные схемы тектонических структур земной коры В. Е. Хаина [13], В. В. Белоусова [1] и др. с некоторыми изменениями. Все битумонефтегазоносные бассейны в зависимости от уровня тектонического развития земной коры объединяются в четыре основные группы — геосинклинальную, орогенную, платформенную и активизационную, внутри которых выделяются типы бассейнов, соответствующие конкретным генетическим типам структур (см. таблицу).

На основе предлагаемой классификации авторы выполнили битумогеологическое районирование СССР, выделив конкретные битумонефтегазоносные бассейны и наиболее крупные области битумонакопления (см. рисунок).

Рассмотрим основные типы битумонефтегазоносных бассейнов и попытаемся определить их продуктивность, а также возможные направления геологопоисковых и разведочных работ.

К геосинклинальной группе принадлежат два типа бассейнов — окраинных морей и внутренних океанических морей. В связи со значительной мощностью осадочного чехла и высокой термальной актив-

Классификация битумонефтегазоносных бассейнов

Группа	Тип	Примеры бассейнов
Геосинклинальная	Окраинных морей Внутренних океанических морей	Охотский (СССР), Японский (Япония) Южно-Каспийский, Восточно-Черноморский (СССР)
Орогенная	Передовых прогибов Межгорных впадин	Лено-Анабарский, Бельский (СССР), Ориноцкий (США) Куринский (СССР), Маракаибский (Венесуэла), Паннонский (Венгрия)
Платформенная	Перикратонных синеклиз и прогибов Интракратонных синеклиз	Северо-Каспийский, Тимано-Печорский (СССР), Западно-Канадский (Канада) Иллинойский, Мичиганский (США)
Активизационная	Грабен-мегасинклиналей Авлакогенов Континентальных рифтов Океанических морей Периокеанических прогибов Грабен-синеклиз	Ферганский (СССР), Джунгарский (КНР), Уинта (США) Днепровско-Донецкий (СССР), Рейнский (ФРГ), Лиманьский (Франция) Красноморский, Аденьский Мозамбикский, Кванза (Ангола) Тунгусский (СССР), Паранский (Бразилия)

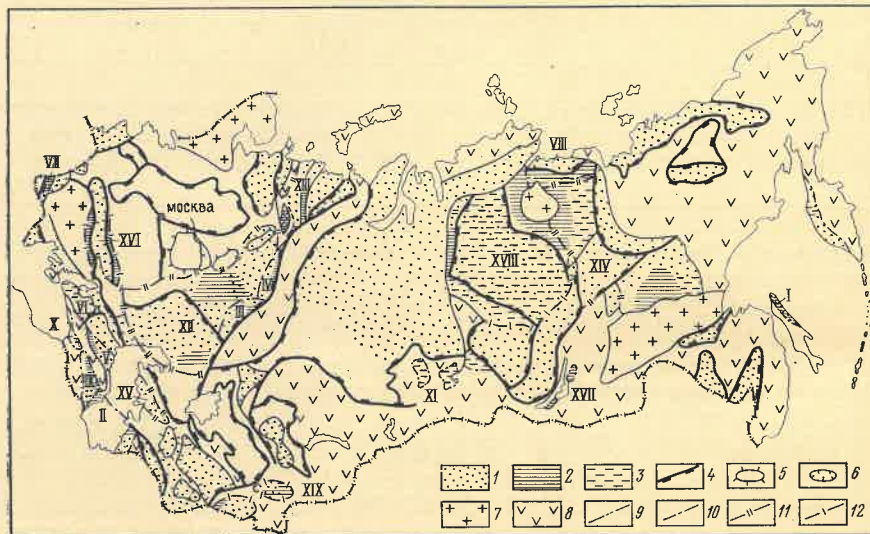
ностью генерирующиеся в них углеводороды распределяются затем на прилегающих континентальных склонах и островных дугах. Интенсивная складчатость и дислоцированность осадочных отложений в пределах островных дуг и складчато-континентальных окраин обуславливают разрушение нефтяных месторождений и поступление нефти по разломам, а также из продуктивных пластов на земную поверхность, где образуются кировые скопления. Зарубежными аналогами подобных бассейнов следует считать Японский, Индонезийский и некоторые другие.

На территории СССР к бассейнам типа окраинных морей относятся Охотский, отвечающий структуре одноименного окраинного моря. Известная в настоящее время основная часть битумных месторождений находится в пределах Восточно-Сахалинского антиклинория. Скопления битумов представлены кировыми покровами и «озерами», расположенными в сводах и на крыльях антиклинальных складок. Запасы битумов невелики, вероятно, не более 100 тыс. т.

Вторым типом битумонефтегазоносных бассейнов геосинклинальной группы являются современные внутренние океанические моря, представляющие собой субокеанические впадины, окруженные альпийскими горными сооружениями. Геосинклинальная стадия здесь получила значительно большее развитие, чем в предыдущем типе, и в ряде случаев приближается к орогенной. Альпийское обрамление подобных впадин служит областями битумонакопления. К этому типу в СССР относится, в частности, Южно-Каспийский бассейн, где скопления битумов в значительной мере связаны с грязевым вулканизмом. Соответственно основные залежи здесь имеют кировый характер (Ахтарма-Пашалы, Бинагады и др.). Запасы по отдельным месторождениям обычно

не превышают первые десятки тысяч тонн битуминозной породы. Прогнозные запасы по кирам оцениваются нами примерно в 1 млн. т, причем около 50% битумов представлено асфальтитом. Южно-Каспийский бассейн содержит около 150 тыс. т озокерита (Прибалханский район).

В *орогенную* группу входят битумонефтегазоносные бассейны передовых прогибов (Бельский и Юрюзано-Сылвенский Предуральского прогиба, Предкавказский, Предкарпатский, Лено-Анабарский прогибы и др.) и межгорных впадин (Куринский, Рионский и др.).



Карта битумонефтегазоносных бассейнов СССР

1 — территории нефтегазоаккумуляции (установленные и предполагаемые); 2 — основные области битумонакопления; 3 — территории с многочисленными проявлениями битумов; 4 — границы основных тектонических элементов; 5 — своды, системы валов; 6 — впадины; 7 — щиты; 8 — складчатые сооружения; 9—12 — границы битумонефтегазоносных бассейнов геосинклинальной (9), орогенной (10), платформенной (11) и активизационной (12) групп. Битумонефтегазоносные бассейны: I — Охотский, II — Южно-Каспийский, III — Бельский, IV — Юрюзано-Сылвенский, V — Терско-Каспийский, VI — Индоло-Кубанский, VII — Предкарпатский, VIII — Лено-Анабарский, IX — Куринский, X — Рионский, XI — бассейны Салаиро-Саянских горных сооружений, XII — Северо-Каспийский, XIII — Тимано-Печорский, XIV — Вилуйский, XV — Южно-Мангышлакский, XVI — Днепровско-Донецкий, XVII — бассейны Байкальского рифтового пояса, XVIII — Тунгусский, XIX — Ферганский

Среди бассейнов передовых прогибов Лено-Анабарский бассейн обладает наиболее значительными концентрациями битумов. Скопления их располагаются в пределах платформенного склона прогиба и контролируются крупным Оленекским сводом. Хорошо изучено месторождение в пермских песчаниках, где бортовое содержание битума 2%, а геологические запасы оцениваются в 1,3 млрд. т. Не менее значительные запасы установлены в нижележащих карбонатах лапарской свиты верхнего кембрия, в терригенных отложениях кессунинской свиты нижнего кембрия и в верхнепротерозойских карбонатах [7]. Кроме того, крупное месторождение битумов обнаружено на северном склоне Анабарского свода в бассейне р. Рассохи, где битум насыщает песчаники среднего протерозоя. Запасы битумов (асфальтов) равны 220 млн. т (по данным ВНИГРИ). Таким образом, суммарные запасы битумов по Лено-Анабарскому бассейну достигают 10 млрд. т.

В других передовых прогибах прогнозные запасы незначительны (не превышают 1—11 млн. т), что часто обусловлено недостаточной изученностью. Однако близость некоторых из них, например Бельского

(Предуральский прогиб), к экономически развитым районам страны позволяет рассматривать их как перспективные, особенно в отношении поисков месторождений жильного высококачественного асфальтита. На Южном Урале (Велиховский район) установлены Тунгесайское, Кзыл-Сайское, Тарангульское и Акбулакское проявления, тяготеющие к одноименным антиклиналям. Жильные проявления асфальтита здесь достигают мощности 60 см и протяженности до 250 м.

Прилегающая внутренняя часть Предуральского передового прогиба также характеризуется наличием жильных скоплений асфальтита, тяготеющих к локальным мегатрещинам Каировской и Поляковской диапировых складок. Севернее, в районе Каратауского надвигового комплекса, выявлены Узунларовское, Лемезинское, Куш-Елгинское, Тереклинское, Секатинское и Куселяровское жильные проявления (Башкирская АССР). Единый региональный пояс жильных скоплений битумов прослеживается далее на Среднем, Полярном Урале и Пай-Хое.

Перечисленные скопления располагаются преимущественно в зонах тектонических узлов, возникающих на пересечении субмеридиональных, согласных со складчатостью сбросов и надвигов, с поперечными сквозными сдвигами, рассекающими платформу и орогенный пояс. Однако большинство проявлений остались не опосредованными. Очень небольшой объем разведочных работ выполнен лишь на Велиховской и Каировской площадях. Следовало бы осуществить поисково-разведочные работы в комплексе с аэрофотосъемкой, электроразведкой, ИК-, гамма- и радиометрией на наиболее перспективных участках Кзыл-Сайском, Акбулакском, Каировском и т. д. [10].

Кроме проявлений жильного типа в Предуральском прогибе известны скопления битумов структурно-пластового и кирового типов. Например, в зоне развития рифогенных раннепермских массивов Ишимбаевской связки известны Ишимбаевская, Ядыганская, Осиповская, Казаякская залежи, геологические запасы которых колеблются от 100 до 500 тыс. т. Поскольку все разведочные работы проводились лишь в зоне выходов битуминозных пород на поверхность, при проведении буровых работ следует ожидать значительного прироста запасов, до 2—3 млн. т по каждому из них. Суммарные запасы битумов по внутренней части прогиба в пределах Бельской депрессии оцениваются нами в 10—11 млн. т.

К бассейнам межгорных впадин орогенной группы относится Куринский битумонефтегазоносный бассейн, который соответствует одноименной межгорной впадине Кавказа, наложенной на срединный массив Грузинской глыбы. В ее пределах обычно выделяются Верхне-, Средне- и Нижне-Куринская депрессии. Причем последняя раскрывается в Южно-Каспийскую субокеаническую впадину, отвечающую самостоятельному бассейну, отделенному от собственно Куринского Талыш-Вандаамским выступом.

Важное значение имеет Средне-Куринский прогиб, где зона нефтеаккумуляции с небольшими кировыми покровами прослеживается в Мирзаанском синклинии, а в сопряженном с ним Чатминском антиклинории выделяется региональная зона битумонакопления. Здесь скопления битумов преимущественно обусловлены вертикально-латеральной миграцией нефти, образовавшей залежи структурно-пластового типа, локализующиеся в сводовых частях антиклинальных складок. Песчаники среднего и верхнего сармата характеризуются региональной битумонасыщенностью в полосе протяженностью до 100 км от Сатба до Эльдарской степи (площади Тюльки-Тапа, Катар, Байда и др.). Суммарная мощность битумонасыщенных песчаников достигает 40 м. Кроме залежей пластового типа, здесь встречены небольшие

кировые покровы. Прогнозные запасы маальты и асфальтов в указанной области достигают, по предварительной оценке, 200 млн. т. Возможности использования битумов здесь весьма разнообразны. Так, битумы кирового типа Эльдарского месторождения являются прекрасным материалом для дорожного строительства. Возможна также добыча вторичной нефти из битумонасыщенных песчаников, что требует постановки наряду с геологоразведочными и специальных технологических работ.

Наибольшее промышленное значение в СССР и мире имеет группа платформенных бассейнов, среди которых следует различать бассейны перикратонных синеклиз и прогибов и интракратонных синеклиз. Последние обычно не представляют практического интереса, а бассейны перикратонных синеклиз и прогибов содержат свыше 80% прогнозных запасов битумов в СССР. Причем Северо-Каспийский бассейн Восточно-Европейской платформы содержит 40 млрд. т битума, Тимано-Печорский 6,5 млрд. т битуминозных пород. Для сравнения скажем, что уникальные запасы битумов, установленные в Западно-Канадском перикратонном бассейне, составляют 144 млрд. т [15].

На территории Северо-Каспийского бассейна выделяются две основные области битумонакопления — Волго-Уральская и Урало-Эмбенская. Пространственное положение их как конечных зон вертикально-латеральной миграции углеводородных флюидов вполне согласуется с общей фазовой зональностью углеводородов, которая выражается в последовательной смене зон газо-, нефтегазо-, нефте- и битумонакопления от центра Прикаспийской депрессии к ее приподнятой периферии: на юго-восток в направлении Южно-Эмбенского свода и особенно на северо-запад вверх по моноклиналильному склону Волго-Уральской антеклизы. В пределах последней основными районами битумонакопления являются Мелекесская депрессия, Альметьевский свод и его склоны, Сокско-Шешминская, Вятская, Жигулевская и Малокинельская зоны дислокаций.

Большая часть описываемого бассейна и других областей битумонакопления СССР в целом связана с месторождениями структурно-пластового типа, приуроченными как к карбонатным, так и терригенным коллекторам. Карбонатные битуминозные породы, пригодные пока лишь для получения асфальтовой мастики и асфальтобетона, распространены в следующих перспективных зонах* битумонакопления, которые рекомендуются для постановки поисково-разведочных работ.

1. Жигулевско-Пугачевский свод с Первомайским, Алексеевским, Сызранским, Сырейским месторождениями битуминозного доломита (Куйбышевская область), суммарные запасы по которым достигают 6 млн. т.

2. Восточный борт Мелекесской депрессии, где перспективными являются обширные выходы казанских битуминозных пород в полосе с. Софьевка — Керлигач. Содержание битума 10% при средней мощности продуктивного пласта до 3 м и протяженности выходов до 0,5 км.

3. Восточный склон Токмовского свода в районе Сюкеево, Старых Юмрлов и Васильево (правый берег р. Волги). Здесь битуминозные казанские доломиты мощностью до 10—15 м и содержанием битума до 6% встречены на глубине от 0 до 110 м на площади 31×22 км.

4. Сокско-Шешминская зона поднятий, месторождение Нефтяной Ключ, Буз-Башская и Байтуганская структуры.

* На наиболее крупных месторождениях этих зон необходимо также осуществить комплексные технологические испытания.

Общие перспективы выделенных зон далеко не исчерпываются перечисленными объектами, и при проведении поисковых работ здесь возможно открытие новых значительных скоплений битуминозных карбонатных пород.

Битумы, приуроченные к терригенным коллекторам и залегающие близ поверхности, которые могут найти широкое использование как в строительстве, так и для вторичного получения нефти, известны в следующих зонах.

1. Сокско-Шешминская зона дислокаций — Буз-Башская, Якушкинская, Байтуганская и Исаглинская (Куйбышевская область); Шугуровская, Сугушлинская (Татарская АССР) структуры, где обнаружены многочисленные выходы на поверхность уфимских песчаников мощностью до 10 м и протяженностью до 1—2 км, содержащие 15—20% битумов.

2. Восточный борт Мелекесской депрессии (долина р. Шешмы и ее притоков), где установлены скопления вязких битумов на глубине от 0 до 100 м, залегающих на склонах валов и в синклинальных прогибах. На поверхности они прослеживаются в виде протяженных (до 4—5 км, р. Бол. Каменка и 2,5 км, ручей Ржавец) выходов битуминозных песчаников. Мощность продуктивного пласта достигает 5 м, содержание битума колеблется от 5 до 14%.

3. Жигулевские дислокации — Бахилевское месторождение с запасами гари около 924 тыс. т.

Для создания асфальтовой сырьевой базы СССР наиболее перспективной является группа крупных месторождений типа погребенных эрозийных структур (древние асфальтовые озера), расположенная в пределах северного склона Оренбургского свода (Малокинельская тектоническая зона). Здесь известны Ивановское месторождение с запасами асфальтита около 9 млн. т и слабоизученные проявления (Казанское и Ново-Алексеевское), считавшиеся ранее жильными [12]. Ивановский асфальтит легко обогащается, после чего по составу и свойствам становится мало отличимым от садкинского и может применяться при производстве асфальто-битумных сплавов, а также в электротехнической, лакокрасочной и химической промышленности. Проведению детальной разведки на Ивановском месторождении препятствуют сложные горнотехнические условия разработки, особенно высокая загазованность и малая мощность продуктивного пласта. Однако за контуром газового месторождения существуют обширные поля развития асфальтита (районы Казанской, Мокродольской и Ново-Алексеевской площадей) с ориентировочными запасами 120,32 и 18 млн. т асфальтита соответственно. Средняя мощность продуктивного тела равна 2,9 м, максимальная 10 м, среднее содержание асфальтита 75—85%.

Этот район перспективен также на асфальтиты жильного типа. По аналогии с Садкиным жильным месторождением среди структур Малокинельской и Большекинельской тектонических зон выделяются локальные поднятия, испытавшие неоднократные тектонические напряжения, сжатия и растяжения в альпийский цикл тектогенеза и содержащие тяжелые нефти (маальты) в пермских отложениях: Калиновско-Новостепановское, Бугурусланское, Красноярское, Башкатомское, Краснооктябрьское, Кирюшинское, Латыповское, Дмитриевское.

Основные перспективы добычи вторичной нефти скважинными физико-химическими методами воздействия на пласт на территории Волго-Уральской области связываются с двумя районами. Первый из них расположен на восточных склонах Мелекесской депрессии и прослеживается в виде зоны, вытянутой вдоль долины р. Шешмы. Скопления битумов установлены в уфимских песчаниках, залегающих ниже

местного базиса эрозии. Здесь известны Мордово-Кармальское, Подлесное, Ашальчинское и другие месторождения. Полезная мощность продуктивного горизонта достигает 20 м и более, содержание битума 5—22%. Однако плотность разведочной сети структурных скважин не превышает 8—10 на 1 км², тогда как размеры структур, контролирующих скопления битумов, равны 3,5—4 км², что указывает на возможность открытия новых месторождений.

Второй район располагается между Сокско-Шешминской зоной поднятий и южным склоном Татарского свода на севере и Большекунельским валом на юге. Вязкие битумы и тяжелые нефти встречаются здесь на небольших глубинах в пермских отложениях большинства скважин, располагающихся в сводах локальных структур. Наиболее перспективными являются Саврушинское, Елатомовское, Кротовское, Сокское, Черновское, Михеевское, Липовское, Медведевское и Домосейкинское поднятия.

Урало-Эмбенская область битумонакопления, расположенная на юго-восточном борту Прикаспийской синеклизы, тяготеет к приподнятой части подсолевого ложа. В настоящее время здесь установлено свыше 60 скоплений и проявлений битуминозных пород как пластовых, так и закированных. Наиболее крупными из них являются Кара-Мурат, Иман-Кара, Копа с разведанными запасами, по данным Западно-Казхстанского ТГУ, 1,5—6 млн. т.

Следует подчеркнуть, что изучались в основном типичные закирования, а битуминозные горизонты прослеживались по падению не более чем на 50 м от их выхода на поверхность; вскрытая мощность продуктивных горизонтов 150—200 м, содержание битума 15—30%. Фактические запасы битумных пород по перечисленным и многим другим месторождениям, по-видимому, в 3—5 раз превышают подсчитанные. В целом по Урало-Эмбенской области прогнозные запасы битуминозной породы оценены не менее чем в 1 млрд. т.

Вопрос об использовании битумов Урало-Эмбенской области поднимался неоднократно, но не получил практического разрешения. Месторождения Кара-Мурат, Иман-Кара, Ак-Чий и Копа ввиду отсутствия данных полузаводских испытаний и несоответствия качества сырья ГОСТу сняты с баланса. Однако технологические испытания киров данных месторождений и опыт использования битумов в дорожном строительстве в г. Гурьеве указывают на несостоятельность этого решения. Битумы Урало-Эмбенской области могут найти применение не только в дорожном строительстве, но и использоваться для получения нефти, причем добыча их возможна наиболее дешевым карьерным способом.

Тимано-Печорский битумонефтегазоносный бассейн в тектоническом отношении отвечает Печорской перикратонной синеклизе и ее складчатому обрамлению. В северной и юго-восточной наиболее опущенных частях бассейна выделяются зоны газонакопления, которые рассматриваются нами одновременно и как области нефтегазообразования. От них в южном и особенно в западном направлениях вверх по региональному подъему синеклизы к Тиманскому кряжу последовательно выделяются нефтегазоносная, нефтеносная и битумные зоны накопления, отвечающие Печорской инверсионной гряде и Нижнеомринской тектонической ступени погребенного северо-восточного склона Тиманского кряжа. В пределах Печорской гряды наиболее высокое гипсометрическое положение занимает Лыжско-Кыртаельский вал, к северо-западному склону которого приурочено Кожва-Каменское месторождение битумов, связанное с каменной свитой франского яруса. Месторождение занимает площадь около 100 км², запасы битумных пород

около 1,4 млрд. т. На более опущенном северо-восточном крыле того же вала известны Печоро-Кожвинское и Печоро-Городское нефтегазовые месторождения. В зависимости от гипсометрического положения и степени раскрытости структур здесь встречаются месторождения легкой (Аранецкое), тяжелой (Южно-Лиственическое, Югидское, Худоельское) нефтей и битумов (Войское).

Войское месторождение асфальта и асфальтита контролируется Воя-Сопляской структурой, где продуктивными являются песчаники так называемой свиты «точильного камня» (бобриковский горизонт), обнажающиеся на поверхности в виде единой зоны, прослеживаемой на десятки километров. Мощность битуминозных песчаников в обнажении на р. Сопля достигает 125 м, запасы их, по данным ВНИГРИ, равны 100 млн. т.

От второго центра нефтегазообразования — Верхнепечорской депрессии Предуральского прогиба, где в пермско-каменноугольных отложениях выявлены газовые и газоконденсатные месторождения (Вуктыльское, Рассохинское и др.), в западном направлении (район Жебловской ступени) зона газонакопления сменяется нефтегазоносной, а в пределах Ижемской ступени — нефтеносной зонами. Северо-восточный склон Тиманского кряжа, занимающий еще более приподнятое положение, служит зоной преимущественного битумонакопления. Здесь выявлены Нижнеомринское, Ижемское, Аким-Ельское и другие месторождения битумов, связанные с отложениями нижнего и среднего карбона, и Ярегское месторождение в среднем девоне. Описываемая область представляет тупиковый район миграции углеводородов и их гипергенного преобразования. Мощность продуктивных битуминозных карбонатов колеблется от 0—2 м (Зеленецкое, Нибельское и Аким-Ельское месторождение) до 30—40 м (Ижемское месторождение), содержание битума в среднем не превышает 2,75—5%.

Северо-западное продолжение области битумонакопления, скрытое под чехлом верхнепермско-мезозойских пород, осталось совершенно не изученным. Однако даже по имеющимся данным прогнозные запасы здесь, по-видимому, довольно значительны и оцениваются нами в целом по Печорской синеклизе в 6,5 млрд. т битуминозной породы. Наиболее изучено Ижемское месторождение, где велась добыча асфальтита для нужд лакокрасочной и электротехнической промышленности. Добыча битумов оказалась нерентабельной и была прекращена в связи с отработкой богатых битумсодержащих тел. Однако битуминозные карбонатные породы в Ижемском и других месторождениях можно использовать для получения асфальтовой мастики и асфальтобетона.

Последняя, активизационная группа бассейнов является наиболее разнообразной и объединяет различные в геотектоническом отношении отрицательные структурные элементы земной коры, образование которых связано с тектонической активизацией в пределах как платформ, так и орогенов. Разнообразие бассейнов обусловлено заложением их в различных геологических условиях, а также масштабами процессов тектонической активизации. Эти бассейны характеризуются сложным, обычно грабенообразным строением и сопровождаются многочисленными разрывами как в теле консолидированного основания, так и в осадочном чехле. Крупные разрывные нарушения отделяют такие структуры от смежных участков земной коры. Погружение к центру бассейна имеет обычно ступенчатый характер. Сложность строения часто обуславливается и тем, что подобные структуры, накладываясь на ранее существовавшие, приобретают новые черты, сохраняя реликтовые. Земная кора активизационных бассейнов в зависимости от того, как далеко зашел процесс активизации, характеризуется различной

мощностью [4, 5]. Увеличенной мощностью обладают бассейны начальной фазы активизации. К битумонефтегазоносным бассейнам данного типа, вероятно, можно отнести грабен-мегасинклинали (по В. Е. Хаину [15]) — Ферганский в СССР, Уинта в США и т. п. В рифтовых структурах отмечается последовательное выравнивание, утонение и разрыв земной коры [4, 5].

Среди бассейнов активизационной группы выделяются: грабен-мегасинклинали; погребенные, прекратившие развитие рифты (авлакогены); континентальные рифты; океанические моря; периокеанические прогибы; грабен-синеклизы. В пределах СССР бассейны типа океанических морей и периокеанических прогибов не установлены, однако за рубежом с ними нередко связаны крупные скопления битумов (Бемоланга на о. Мадагаскар и др.).

В авлакогенах, например, Днепровско-Донецком, скопления битумов протягиваются в виде двух прибортовых зон — основной юго-западной и менее выраженной северо-восточной. К бассейнам континентальных рифтов относятся впадины Байкальского рифтового пояса (Усть-Селенгинская и др.), а за рубежом Рейнские грабены. Последующая активизация рифтового процесса приводит к образованию впадин с океаническим типом земной коры, которые выделяются нами в бассейны океанических морей, например Красноморский рифт. Переокеанические впадины развиты вдоль периферии Атлантического и Индийского океанов — Мозамбикский прогиб, Камоз (Берег Слоновой Кости) и др.

Наиболее крупные скопления битумов, связанные с бассейнами данной группы, обнаружены в пределах трапповых впадин, к которым относится Тунгусская синеклиза. Тунгусский битумонефтегазоносный бассейн образует сложную отрицательную структуру типа грабен-синеклизы, выполненную континентальными угленосными формациями карбона, перми, а также трапповой формацией триаса. Ее образование связано с раннемезозойской активизацией, охватившей огромный сегмент земной коры, включая Западно-Сибирскую плиту, Полярный Урал и Печорскую синеклизу. На территории бассейна выявлен ряд районов битумонакопления, расположенных на склонах Анабарского щита (Силигир-Мархинский и Маймеч-Котуйский), в пределах инверсионных поднятий (Туруханско-Норильский) и на склонах складчатых сооружений Енисейского кряжа. Битумы в основном представлены мальтой, асфальтом, иногда асфальтитом; встречаются проявления керитов и антраксолитов, связанных с дотрапповой миграцией нефти.

Битумопроявления наблюдаются в широком стратиграфическом диапазоне — от протерозоя до триаса включительно. Наиболее значительные скопления битумов приурочены к Мархинскому валу (в карбонатах среднего и верхнего кембрия), Маймеч-Котуйскому району (в породах от верхнего кембрия до перми), склону Енисейского кряжа (Восточно-Енисейская тектоническая ступень, верхний кембрий — ордовик) и к Туруханско-Норильской инверсионной гряде (поздний протерозой — силур). Суммарные прогнозные запасы битумов по бассейну оцениваются не менее 2,5 млрд. т.

В связи с отсутствием разработанной технологии извлечения битумов путем физико-химических и иных воздействий на битумонасыщенные пласты реальными первоочередными объектами разработки могут служить скопления битумов, доступные для открытой разработки. Такие месторождения известны в пределах Мелекесской впадины и ее обрамления, в Урало-Эмбенской области, в Печорской синеклизе и Куринской межгорной впадине.

Для создания надежной асфальтитовой сырьевой базы необходима постановка поисково-разведочных работ в Малокинельском асфальтиносном районе, содержащем такие запасы асфальтита (120 млн. т), которые могут не только обеспечить потребности страны, но и быть предметом экспорта.

Использование битумов для нужд народного хозяйства невозможно без проведения в указанных выше районах и областях поисковых работ специального назначения. В Татарии, например, практические успехи в области изучения битумов были достигнуты лишь за последние пять лет, когда на поиски и разведку конкретных месторождений битумов были направлены значительные объемы структурного бурения.

Таким образом, на территории СССР выделяются крупные битумонефтегазоносные бассейны. Наиболее перспективными являются группы платформенных бассейнов типа перикратонных синеклиз (Северо-Каспийский, Тимано-Печорский), орогенных бассейнов типа передовых прогибов (Лено-Анабарский) и межгорных впадин (Куринский), содержащие около 99% суммарных прогнозных запасов. Эти ресурсы способны обеспечить растущие потребности дорожного строительства и других отраслей промышленности, прежде всего в экономически развитых районах европейской части страны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоусов В. В. Основные вопросы геотектоники. Изд. 2-е. Госгеолтехиздат, 1962.
2. Брод И. О. Основы учения о нефтегазоносных бассейнах. М., Недра, 1964.
3. Буялов Н. И., Забаринский П. П. Поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений. М., Гостоптехиздат, 1960.
4. Валеев Р. Н. Авлакогены Русской платформы. Казань, 1970, с. 50—98 [Труды Геологического института (г. Казань), вып. 30].
5. Валеев Р. Н. Авлакогены Восточно-Европейской платформы. М., Недра, 1978.
6. Варенцов М. И., Кравченко К. Н. Тектонические особенности нефтегазоносных впадин Китая. — В кн.: Вопросы тектоники нефтегазоносных областей. М., Изд-во АН СССР, 1962, с. 240—252.
7. Геохимия органического вещества верхнепротерозойских и кембрийских отложений северо-востока Сибирской платформы/А. И. Данюшевская, Т. Н. Копылова, Д. С. Яшин, Г. П. Арсеньева. — Труды НИИГА, 1963, т. 161, вып. 4.
8. Леггет Р. Ф. Города и геология. М., Мир, 1976.
9. Основные пути преобразования битумов в природе и вопросы их классификации/В. А. Успенский, О. А. Радченко, Е. А. Глебовская и др. — Труды ВНИГРИ, 1961, вып. 185.
10. Основные типы жильных месторождений твердых битумов (асфальтита, асфальта)/Р. М. Гисматуллин, Р. Н. Валеев, В. Л. Штейнгольц, П. М. Тиханов. — Сов. геология, 1976, № 11, с. 94—100.
11. Условия образования жильных месторождений асфальтита на территории Куйбышевской и Оренбургской областей. — Труды КуйбышевНИИНИП, 1961, вып. 7.
12. Успенский В. А. Введение в геохимию нефти. Л., Недра, 1970.
13. Хаин В. Е. Общая геотектоника. Изд. 2-е. М., Недра, 1970.
14. Хаин В. Е., Соколов Б. А. Современное состояние и дальнейшее развитие учения о нефтегазоносных бассейнах. — В кн.: Современные проблемы геологии и геохимии горючих ископаемых. М., Наука, 1973.
15. Daze Jean-Paul. Les sables petroliferes de L'Alberta. — Rev. energ., 1974, v. 25, N 256, p. 331—338.

УДК 553.068.5

Б. В. РЫЖОВ (ЦНИГРИ)

О преобразовании россыпей слаботранспортабельных минералов

В понятие «преобразование» по отношению к россыпям исследователи вкладывают разное содержание. Н. В. Петровская и А. И. Фасталович [10] применили его для обозначения изменений внутренней структуры золота россыпей. А. А. Сапрыкин и И. Л. Шофман [19] преобразование россыпей сводят к их погребению или размыву. Н. А. Шило и Ю. В. Шумилов [23] под преобразованием понимают различные постседиментационные деформации продуктивного пласта россыпи, Ю. И. Гольдфарб и П. О. Генкин [2] преобразованием называют такие эпигенетические изменения в результате переотложения, при которых новая россыпь сохраняет некоторые существенные черты старой.

Нами под преобразованием россыпи предлагается понимать все происходящие при переотложении или проявлении постседиментационных процессов ее изменения, в связи с чем перечисленные виды преобразований следует рассматривать в качестве частных случаев общего явления. Оно включает изменения генезиса, динамического класса*, условий залегания (геоморфологического положения), строения (морфологии продуктивного пласта и характера распределения полезного компонента) и вещественного состава россыпи.

Ниже описываются преобразования россыпей слаботранспортабельных минералов, к которым относятся золото и касситерит в их относительно крупных (свыше 0,15 мм) выделениях, слагающих ныне отрабатываемые месторождения, а также пьезооптический кварц, включаемый в эту группу из-за специфики формирования его россыпей и требований промышленности к размеру обломков его кристаллов.

Касаясь вопроса об изменении генезиса россыпи, следует подчеркнуть, что нами под этим понимается не переход одной стадии формирования россыпи в другую (элювиальной — в склоновую и т. д.), а образование более молодой россыпи за счет переотложения материала прежней россыпи иного происхождения, обусловленного проявлением неотектонических движений, изменением климата или колебаниями уровня моря.

На континенте преобразование аллювиальной россыпи в склоновую происходит в случае подрезания аллювиальной террасовой россыпи разрастающимся склоном. Примером могут служить так называемые «террасоувальные» россыпи, описанные И. П. Карташовым и Н. А. Шило [5]. Если аллювиальная россыпь подвергается экзарационному воздействию ледника, то она уничтожается или же преобразуется в моренную [3, 6].

В приморской зоне возможны абразия аллювиальной россыпи и преобразование ее в морскую, а также обратный процесс — размыв морской россыпи и преобразование ее в аллювиальную.

Преобразование генезиса россыпи влечет за собой соответствующие изменения ее динамического класса (впрочем, не всегда), условий залегания и строения.

* Динамический класс определяется способом концентрации зерен полезных минералов при формировании россыпи, зависящим от транспортабельности этих зерен. Среди аллювиальных выделяются следующие динамические классы россыпей: остаточные, ближнего, умеренного и дальнего сноса. Склоновые и моренные россыпи относятся к классу несортированного смещения [16].

Динамический класс россыпи определяется природой и интенсивностью проявления агента переноса, а также степенью транспортабельности ценных компонентов. Его изменения происходят лишь при переотложении материала россыпи как вследствие изменения ее генезиса, так и вне такой связи.

Изменение динамического класса в зависимости от генезиса россыпи можно проиллюстрировать на примере преобразования аллювиальной россыпи в склоновую или моренную, когда остаточная или ближнего сноса россыпи превращаются в россыпь несортированного смещения.

Если генезис россыпи при переотложении ее материала остается неизменным, то возможны два варианта в отношении динамического класса. В том случае, когда транспортирующая способность агента переноса (водотока) сохраняется на прежнем уровне, динамический класс россыпи не меняется. Примером тому являются многие аллювиальные россыпи золота ближнего сноса, возникшие при перемыве россыпей того же генезиса и динамического класса.

При резком изменении транспортирующей способности водотока динамический класс новой россыпи становится иным. При усилении интенсивности поднятий и возросшей транспортирующей способности водотока новая россыпь может заметно сместиться вниз по течению относительно прежней размытой россыпи и, к примеру, из россыпи ближнего сноса превратиться в россыпь умеренного сноса. Такие изменения свойственны, очевидно, некоторым аллювиальным россыпям золота малых и средних рек Мариинской тайги в зоне резкого вреза [15]. Здесь современные русловые и пойменные россыпи, приуроченные к инстративному аллювию, относятся к россыпям умеренного и дальнего сноса, которые формировались при заметном перемещении золота вниз по течению главным образом за счет размыва аллювиальных террасовых россыпей ближнего сноса.

Возможны изменения динамического класса россыпи и противоположного знака. Так, при незначительном поднятии и неглубоком врезе или расширении долин в условиях ослабления транспортирующей способности водотоков ранее созданные россыпи ближнего сноса при переотложении могут перейти в класс остаточных («поперечные» россыпи в долине р. Берелех [2]).

Условия залегания россыпи становятся иными при изменении ее генезиса. Таковы изменения, обусловленные преобразованием аллювиальной террасовой россыпи в склоновую («террасоувальную»), аллювиальной пойменной или террасовой в морскую пляжевую или моренную троговой долины и т. д.

Строго говоря, превращение аллювиальной пойменной россыпи в террасовую в результате глубинного вреза водотока или в погребенную при перекрытии более молодыми образованиями любого происхождения также меняет условия залегания россыпи, хотя это никак не отражается на ее генезисе, динамическом классе и строении продуктивного пласта, если не считать возможных осложнений в случае расчленения террасы боковыми притоками или проявления описываемых ниже постседиментационных процессов.

Изменения строения россыпи, связанные с переотложением, сопровождаемым преобразованием генезиса, совершенно очевидны и пояснений не требуют. Изменения, связанные с переотложением, могут происходить и при сохранении генезиса россыпи, если изменяется ее динамический класс. В этом случае, например, аллювиальная россыпь ближнего сноса превращается в аллювиальную остаточную.

Возможны изменения строения россыпи и без участия процессов переотложения ее материала агентами переноса на дневной поверхности. К таким постседиментационным изменениям относятся деформации продуктивного пласта россыпи, приводящие к нарушению его первоначального строения; эти деформации вызываются тектоническими подвижками, просадками карстового происхождения или же являются результатом неравномерного уплотнения пород коры выветривания на участках резкого изменения их мощности. Такие деформированные россыпи, получившие на Урале название «косых пластов», характерны не только для золота, как принято считать, но и для горного хрусталя [17].

Весьма своеобразны нарушения продуктивного пласта, связанные с проявлением криогенных процессов. Н. А. Шило и Ю. В. Шумилов [23] указывают на кластокарстовые образования в аллювиальных россыпях, представленные полостями, которые позже заполняются рыхлым материалом. Отмечая слабую изученность криогенеза в трансформации россыпей, эти исследователи считают целесообразным выделение криолитогенной стадии в геологической истории россыпей.

Ю. П. Казакевич и др. [12] описывают псевдоморфозы ледяных клиньев, осложняющие строение россыпи золота одного из районов на Северо-Востоке СССР. Вопросу о значении происходящих в криолитозоне процессов для россыпей посвящена статья Ю. И. Смеяна [20], в которой отмечается большое разнообразие этих процессов.

Изменения вещества россыпи после ее возникновения рассмотрены Р. В. Нифонтовым [8] и Ю. А. Билибиным [1]. В частности, Ю. А. Билибин различал следующие изменения: а) перемещение минеральных частиц внутри россыпи циркулирующими грунтовыми водами; б) растворение известняков, входящих в состав гальки и пород плотика; в) цементацию россыпи веществами, выделяющимися из грунтовых вод (гидроокислы железа, карбонаты кальция и т. д.); г) растворение и переотложение грунтовыми водами золота; д) выветривание материала россыпи и ее плотика. Все эти явления, зависящие от особенностей климата, литологии пород и рельефа, входят в группу постседиментационных преобразований.

Значительно слабее освещены изменения вещества россыпей, связанные с переотложением. Обычно объектом рассмотрения является лишь сам ценный компонент. Между тем при переотложении совершаются определенные изменения и в составе вмещающих его отложений, что особенно заметно при значительной разнице в возрасте прежней россыпи и образующейся за ее счет и при иной климатической обстановке новой россыпи. Показательны в этом отношении россыпи Урала [17] и одного из районов Яно-Колымского пояса [9], возрастной диапазон которых весьма значителен (для Урала от мезозоя до голоцена включительно).

Молодые четвертичные россыпи, формирующиеся в неблагоприятных для химического выветривания климатических условиях при перемыве россыпей или непосредственно за счет коренных источников, характеризуются низким содержанием глинистых частиц и в целом более грубым гранулометрическим составом отложений по сравнению с более древними россыпями. Между этими разновозрастными образованиями отмечаются также существенные различия в содержании устойчивого к выветриванию обломочного материала (кварца, россыпных минералов высокой плотности), что находится в сложной зависимости от условий выветривания и денудации.

Полезные компоненты россыпи испытывают изменения как в процессе транспортировки, так и находясь длительное время в самой рос-

сыпи. Изменение облика изометричных или близких по форме зерен или обломков кристаллов горного хрусталя, золота и касситерита при образовании россыпи и ее размыве обычно сводится к окатыванию и уменьшению размера. При неоднократном переотложении в результате длительной механической обработки эти частицы могут приобрести совершенную окатанность. Одновременно происходят изменения характера поверхности этих частиц, зависящие от условий их обработки, что отчетливо прослеживается на гальках горного хрусталя.

В водотоках при истирании и слабых соударениях возникает матовая поверхность, а в результате многочисленных соударений — более грубая шероховатая поверхность, которой свойственна псевдобугорчатая скульптура. При ветровой обработке мелкими частицами образуется полированно-матовая поверхность [14]. Но особенно своеобразно в этом отношении золото; форма природных выделений его разнообразна, а физико-химические свойства весьма специфичны. В связи с мягкостью и ковкостью уплощенные неровные золотины в ходе механической обработки (расплющивание при ударах и истирание) могут превратиться в тонкие чешуйки с относительно гладкой поверхностью, ситовой размер которых может быть не меньше, чем у исходного природного выделения. Механические деформации золотины при ударах и трении вызывают определенные изменения и в их структуре, обуславливая развитие плоскостей скольжения и рекристаллизацию [11].

Следует подчеркнуть, что, вопреки широко распространенному мнению о прямой связи обработанности частиц от расстояния их переноса, износ и окатывание частиц полезных минералов может совершаться и без их перемещения — в итоге воздействия на них движущихся частиц наносов, это в первую очередь относится к наименее транспортабельным элементам осадка, какими являются крупные золотины.

В ходе переотложения происходят также изменения крупности и сортированности зерен ценных минералов. Истирание приводит к уменьшению, а вынос наиболее мелких ценных частиц, напротив, — к возрастанию средней крупности при одновременном увеличении степени сортированности.

Результаты такого процесса особенно заметны при прекращении подачи ценного минерала со стороны коренного источника. В этом случае ценные частицы, испытавшие многократное переотложение, характеризуются хорошей окатанностью, высокой степенью сортированности, отсутствием тонких составляющих и малым количеством сростков с вмещающими минералами, что свойственно главным образом золоту. Известны россыпи, в которых свыше 50% всей массы золота, представленного хорошо окатанными золотиными, укладывается в весьма узкие рамки крупности (1—2 мм) при ничтожном содержании мелкого (<0,5 мм) и крупного (>5 мм) золота и незначительном количестве сростков с кварцем.

О выносе мелкого и тонкого золота при переотложении свидетельствует уменьшение его содержания и увеличение средней крупности золота по мере увеличения количества этапов переотложения материала россыпей при наличии однотипных коренных источников. Вынос тонкого золота приобретает особенно большой размах при размыве его коренных источников, о чем можно судить, сравнивая гранулометрический состав золота коренных источников и возникающих за их счет россыпей. Размышляя об этом, В. Л. Фишер [22] пришел к выводу, что в россыпях Восточного Забайкалья участвует всего лишь 5—10% золота размывтой части коренных источников. Подавляющая же масса этого золота, представленная тонкими частицами, была удалена водотоками вниз по течению.

У золота наиболее четко выражены и постседиментационные изменения состава и структуры [7, 11]. Суть одного из наиболее распространенных процессов состоит в выщелачивании менее устойчивых, чем само золото, элементов-примесей (серебра, меди) и связанных с этим изменениях структуры. В результате периферическая зона золотины приобретает микропористость и более высокую пробу, в связи с чем ее принято именовать высокопробной оболочкой. Толщина этой оболочки прямо пропорциональна длительности проявления данного процесса.

В некоторых россыпях, обычно на площади распространения коренных пород с повышенным содержанием сульфидов, констатируется нарастание на окатанных золотилах золота в виде разной формы выделений и корочек, получивших название «нового золота» [11]. В восстановительной обстановке на золотилах нередко образуются прерывистые или сплошные пленки сульфидов, чаще пирита, иногда грегита [13], а в окислительной обстановке — пленки гидроокислов железа или марганца. Золото с пленками новообразованных минералов, называемое «золотом в рубашке», иногда составляет основную полезную массу россыпи, в отдельных местах слагая ее почти целиком.

Итак, полезные минералы россыпи подвержены весьма разным преобразованиям, причем конкретная форма их проявления зависит от условий (геологических, геоморфологических) существования россыпи и переотложения ее материала. В связи с этим преобразования ценных минералов позволяют судить и об условиях и истории формирования слагаемой ими россыпи. Поскольку их частицы выдерживают многократное переотложение и, несмотря на обновление состава и даже полную замену остальных компонентов тела россыпи, сохраняют соответствующую концентрацию, то в отношении преобразований именно они являются наиболее информативными и важными элементами россыпи.

Изложенное показывает, что преобразование россыпей зависит от режима неотектонических движений, особенностей климата и вещественного состава пород и в целом отражает геологическое строение и историю развития территории нахождения россыпей. Особенно большое значение принадлежит неотектонике, влияние которой на формирование россыпей весьма сложно и разнообразно [18]. В зависимости от режима неотектонических движений выделяется ряд геоморфологических областей, отличающихся характером формирования и преобразования россыпей.

В пределах средне- и высокогорных областей с абсолютными отметками водоразделов свыше 1000 м, отражающих режим интенсивных поднятий, обычно выпадает элювиальная стадия образования россыпей, а в случае расположения источника питания под днищем долины выпадает и склоновая стадия, которая здесь из-за незначительного высвобождения ценных россыпных минералов и низкой степени разложения коренных пород вообще проявляется в зачаточном виде. В этих условиях могут формироваться лишь элювиальные россыпи наименее транспортабельного золота. Вследствие значительной переносимости способности водотоков при этом обычно наблюдаются россыпи умеренного и дальнего сноса без резкой концентрации полезного компонента у плотика; продуктивный пласт их соответствует практически всей мощности русловых фаций инстративного аллювия. Таковы некоторые пойменные и русловые россыпи золота молодых долин Кузнецкого Алатау [15].

При наличии плотика с высокой улавливающей способностью формируются также россыпи золота ближнего сноса. Отдельные россыпи с крупным золотом располагаются близ коренных источников при кру-

том продольном уклоне долин (до 0,05); основная масса золота таких россыпей сосредоточена в трещинах плотика (М. С. Комарова).

Главный путь преобразования россыпей в описываемых условиях — переотложение ценных компонентов на более низкие эрозионные уровни без изменения генезиса и динамического класса россыпей, а также их условий залегания и строения продуктивного пласта. Переотложение сопровождается возрастанием степени окатанности и транспортабельности частиц ценных минералов за счет их износа (уменьшение размера) и увеличения уплощенности (для золота). Если этот вынос не компенсируется поступлением свежего материала из коренного источника, то происходит обеднение россыпи при одновременном усилении степени сортированности ценных частиц по размеру.

В случае непрерывного поступления ценного компонента с течением времени происходит постепенное обновление его состава при сохранении более «древних» частиц из числа наименее транспортабельных. В то же время обломки пород и частицы породообразующих минералов, слагающие тело россыпи, при каждом новом врезании практически полностью меняют свой состав. Вследствие значительной глубины вреза и крайне слабого развития террас здесь господствуют аллювиальные россыпи днищ; в этих условиях сохраняются главным образом современные и позднечетвертичные россыпи [21].

Постседиментационные преобразования россыпей для этой области не характерны, но иногда отмечается погребение или цементация россыпей с превращением рыхлых отложений в конгломерат с карбонатным или лимонитовым цементом [8].

В контурах рассматриваемых областей встречаются блоки, в пределах которых развитие рельефа и преобразование россыпей происходит по плану, отвечающему обстановке характеризуемого далее низкогогорья. На сочленении блоков с разным режимом движения могут возникать сложные россыпи с растянутым по мощности продуктивным пластом [19].

В обстановке умеренных поднятий с низкогогорным рельефом (абсолютные отметки водоразделов порядка 500—1000 м) стадии последовательного формирования россыпей (элювиальной, склоновой и аллювиальной) могут быть представлены в полном наборе, хотя элювиальная стадия не характерна для этих условий. Здесь преимущественно распространены аллювиальные россыпи антропогена. Уменьшение (по сравнению со среднегорьем) живой силы водотоков обуславливает изначально меньшее продольное перемещение слаботранспортабельных минералов, а в некоторых случаях вообще его отсутствие, что определяет образование россыпей ближнего сноса, а иногда и остаточных.

Преобразования россыпей в этой области более разнообразны, хотя переотложение частиц полезного компонента на более низкие гипсометрические уровни и здесь является ведущим процессом. В этой обстановке возможны изменения генезиса (например, преобразование элювиальной россыпи в склоновую — «террасоувальную»), а также динамического класса россыпей, как было отмечено выше для Мариинской тайги и «поперечных» россыпей бассейна р. Берелех. Эти изменения сопровождаются изменениями условий залегания и строения россыпей.

Из-за меньшей глубины вреза по сравнению со средне- и высокогорными районами здесь создается более благоприятная обстановка и для различного рода постседиментационных изменений. Это обуславливает возрастание роли террасовых и погребенных россыпей, осложнение строения пласта при карстообразовании в карбонатных породах, проявление процессов выветривания отложений тела россыпи и преоб-

разования ценного компонента (развитие высокопробной оболочки на золоте).

Описанный характер преобразования россыпей горных стран иногда осложняется при проявлении оледенения (экзарация и погребение россыпей, формирование моренных россыпей) или эффузивной деятельности, приводящей к погребению россыпей лавами и туфами.

В зоне слабых и весьма слабых прерывистых поднятий областей холмистых денудационных равнин с абсолютными отметками водоразделов до 400—500 м проявлены все стадии образования россыпей. Иногда этот процесс обрывается на начальной (элювиальной) стадии, однако и здесь аллювиальная стадия и соответствующие ей россыпи играют основную роль. Незначительная транспортирующая способность водотоков определяет и характер динамических классов россыпей — остаточных и ближнего сноса.

Длительность существования (многие десятки миллионов лет) слаборасчлененного рельефа таких областей обусловила относительно хорошую сохранность результатов многообразных геологических явлений, включающих перестройки эрозионной сети, погребение и весьма заметное проявление процессов выветривания в виде повсеместно распространенных кор выветривания. Этим определяется сложность строения и преобразования россыпей. Известны россыпи широкого возрастного диапазона (от юры и мела до плейстоцена и голоцена), из которых наиболее древние, особенно доплиоценовые, отличаются значительной глинистостью заполнителя, выветрелостью галек некварцевого состава и сложным распределением ценного компонента по вертикали, обычно без четкой его приуроченности к подошве продуктивного пласта. Глинистостью древних россыпей золота и непереотложенностью их материала, очевидно, и объясняется относительно высокое содержание в них ценных частиц. Для этой обстановки типичны россыпи ближнего сноса и остаточные.

Если в горных областях наиболее характерной чертой преобразования россыпей являлось их переотложение на более низкие гипсометрические уровни, то здесь переотложение происходит при незначительном врезе, иногда даже без понижения уровня, и на первое место выступают постседиментационные преобразования — погребение, усложнение строения россыпей в связи с карстом и просадками в корях выветривания («косые пласты»), различные изменения состава пород россыпи и ее полезного компонента, заключающиеся в выветривании, цементации и появлении новообразованных минералов.

На одном и том же гипсометрическом уровне могут оказаться разновозрастные россыпи, а в конкретной россыпи, сформировавшейся за счет одного и того же коренного источника при неоднократном переотложении материала, ценные минералы могут иметь весьма различную степень износа и преобразования. Так, наряду со слабоокатанными гальками пьезооптического кварца местами встречаются очень хорошо окатанные гальки, в отдельных россыпях составляющие основную массу полезного компонента, хотя о сколько-нибудь значительном переносе их говорить нет оснований. Очень разным может оказаться и золото; кроме обычного «обломочного», в той или иной мере преобразованного золота, встречаются и новообразованные его выделения, описанные Н. В. Петровской [11].

Таким образом, в областях, длительное время сохраняющих режим слабых поднятий, перемежающийся с периодами покоя, история формирования и преобразования россыпей оказывается весьма сложной. Именно здесь наибольшее распространение имеют дочетвертичные и доплиоценовые россыпи, отличающиеся рядом специфических черт:

значительной степенью общих преобразований, повышенной глинистостью отложений, а для россыпей золота и, вероятно, касситерита — высоким содержанием неизвлекаемого гравитационными способами тонкого и связанного золота, что диктует необходимость особого подхода к этим древним россыпям на всех стадиях их освоения.

Заканчивая рассмотрение преобразований россыпей горных стран и холмистых денудационных равнин, необходимо подчеркнуть, что при переотложении и формировании вторичных россыпей в условиях слабых и умеренных поднятий происходит концентрация по вертикали ценных слаботранспортабельных минералов с образованием менее мощного продуктивного пласта, но с более высоким содержанием полезного компонента, уменьшение степени глинистости отложений и (для золота) уменьшение содержания неизвлекаемых гравитационным способом ценных частиц.

Областям преимущественно отрицательных неотектонических движений (впадинам) соответствуют зоны аккумуляции кайнозойских отложений, отличающиеся друг от друга в зависимости от времени проявления и характера этих движений, а также эвстатических колебаний океана. В целом такие области представляют собой аккумулятивные приморские, межгорные или внутригорные равнины.

Для понимания характера преобразования россыпей аккумулятивных равнин необходимо учитывать некоторые черты строения и развития последних: 1) аккумулятивные равнины представляют собой наложенные кайнозойские впадины, развивавшиеся преимущественно на слабо расчлененных участках земной поверхности типа холмистой денудационной равнины или низкогогорья, в пределах которых в предшествующее время происходили денудация, вскрытие коренных источников питания и формирование кор выветривания; 2) в отдельных впадинах констатируются дифференцированные вертикальные движения по разломам, что обуславливает их блоковое строение; 3) с течением времени, если только контуры впадин не контролировались жестко разломами, происходило их постепенное разрастание по площади, в связи с чем более молодые осадки занимают большие площади по сравнению с более древними отложениями; 4) рыхлый кайнозойский чехол аккумулятивных равнин представлен отложениями разного возраста и генезиса, среди которых в области приморских равнин присутствуют и морские осадки.

Россыпи слаботранспортабельных минералов в пределах аккумулятивных равнин связаны в основном с базальными горизонтами кайнозойских отложений, залегающих на скальных породах фундамента. До начала формирования впадин они эволюционировали преимущественно как россыпи холмистой равнины, в связи с чем их развитие здесь оказывается весьма сложным.

С момента зарождения аккумулятивной равнины в формировании и преобразовании россыпей отмечается: 1) сдвигание пояса россыпеобразования в сторону горного обрамления впадин с одновременным погребением более древних россыпей центральных участков впадин, фронт которого перемещался вслед за поясом россыпеобразования; 2) увеличение диапазона россыпей по возрасту за счет возникновения по периферии впадин более молодых россыпей, а в приморских районах и по генезису в результате абразионного выравнивания рельефа скального фундамента и формирования морских россыпей; 3) формирование первичных россыпей и переувлажнение в поясе россыпеобразования с формированием вторичных россыпей многократного переотложения, в которых давно высвободившийся из коренного источника ценный минерал оказывается нередко сильно изно-

шенным и сортированным по размеру; из-за ограниченной транспортирующей способности агентов перемещения (водотоки, волны) россыпи на последней стадии переотложения имеют преимущественно остаточный характер; 4) усложнение морфологии и условий залегания вследствие блокового характера движений отдельных впадин, просадочных явлений на участках развития коры выветривания, а также различных криогенных процессов (деформация продуктивного пласта, образование псевдоморфоз ледяных клиньев), свойственных арктическим равнинам; 5) уменьшение глинистости и возрастание роли невыветрелого материала в более молодых россыпях периферии впадин.

Сказанное дает основание различать в разрастающихся впадинах две зоны — центральную и периферическую. Центральная зона, приуроченная к наиболее прогнutoй части впадины, включает глубоко погребенные древние россыпи с их специфическими особенностями, осложняющими освоение этих россыпей. Периферическая зона впадин со вторичными россыпями, испытавшими неоднократное переотложение материала, содержит молодые россыпи на небольшой глубине и с более богатым продуктивным пластом, характеризующимся высокой степенью высвобождения ценного минерала из породы и большей средней крупностью его зерен, что является благоприятным фактором освоения этих россыпей. Таким образом, периферия впадин в практическом отношении более интересна по сравнению с их центральной зоной.

Кроме того, существуют области сочетания движений разного знака, в которых зоны былого опускания и аккумуляции отложений (чаще верхнемезозойских и палеоген-неогеновых) вовлекались в поднятие. При этом происходили размыв и формирование молодых аллювиальных промышленных россыпей за счет выполняющих впадину отложений, вмещающих россыпи с растянутым по вертикали распределением ценного компонента или содержащих его в непромышленных концентрациях. Наиболее характерной чертой преобразования россыпей являлось возрастание концентрации ценных компонентов с образованием менее мощного, но морфологически более четко выраженного и потому особенно удобного для отработки продуктивного пласта.

На основании изложенного можно сделать следующие выводы.

Россыпи представляют собой весьма специфические и сложные геологические объекты, подверженные постседиментационным и связанным с переотложением преобразованиям, выражающимся в изменении генезиса, динамического класса, условий залегания, строения и вещественного состава россыпи, в том числе и ее ценного компонента.

Преобразования ценного минерала заключаются в изменении его зерен по крупности, морфологии, степени окатанности и облику поверхности. Наиболее разнообразны они у золота, которому также присущи изменения внутреннего строения и нарастание «нового» золота. По этим преобразованиям можно судить об условиях и истории формирования россыпи.

Преобразование россыпей является отражением геологической истории и строения территории их распространения. Ведущая роль в этом принадлежит неотектонике. В зависимости от режима неотектонических движений выделяется ряд геоморфологических областей, каждая из которых отличается спецификой формирования и преобразования россыпей. Особенно сложна область холмистых денудационных равнин, где диапазон возраста и степень преобразования россыпей оказываются наибольшими.

В качестве общих тенденций преобразования россыпей следует назвать: а) увеличение диапазона возраста россыпей, усложнение их

по генезису, условиям залегания, морфологии и преобразованиям ценного минерала по мере снижения интенсивности поднятий и особенно при смене знака движений, б) уменьшение степени преобразования, глинистости и зрелости отложений, а также (для золота) содержания неизвлекаемых гравитационным способом ценных частиц по мере перехода от более древних к более молодым россыпям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Билибин Ю. А. Основы геологии россыпей. М.—Л., ГОНТИ, 1938.
2. Гольдфарб Ю. И., Генкин П. О. К подразделению флювиальных четвертичных россыпей золота по условиям образования и геоморфологическому положению. — В кн.: Проблемы геологии россыпей. Магадан, 1970, с. 256—266.
3. Казакевич Ю. П., Вашко Н. А. Роль ледниковых процессов в сохранении и уничтожении золотоносных россыпей на примере некоторых районов Сибири. — В кн.: Геология россыпей. М., Наука, 1965, с. 157—164.
4. Казакевич Ю. П. Условия образования и сохранения сложных погребенных россыпей золота. М., Недра, 1972.
5. Карташов И. П., Шило Н. А. Закономерности размещения россыпей, обусловленные экзогенными процессами. — В кн.: Закономерности размещения полезных ископаемых, т. III. М., Изд. АН СССР, 1960, с. 304—321.
6. Крутоус В. И., Беккер А. Г. Роль ледников в преобразовании россыпей (на примере бассейнов рек Берелех и Энмынвеем). — В кн.: Мат-лы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР, № 21, Магадан, 1974, с. 180—187.
7. Николаева Л. А. О преобразованиях внутренней структуры золота в россыпях. — Труды ЦНИГРИ, вып. 79, 1968, с. 250—257.
8. Нифонтов Р. В. Геология россыпей. — Труды треста Золоторазведка и НИГРИЗолото, 1937, № 6, с. 5—118.
9. Переяслов В. П., Желнин С. Г. Особенности геологического строения россыпей одного из золотоносных районов Яно-Колымского пояса. — В кн.: Древние и погребенные россыпи СССР, ч. 2. Киев, Наукова думка, 1977, с. 113—117.
10. Петровская Н. В., Фасталович А. И. Изменения внутренней структуры самородного золота в условиях россыпей. — В кн.: Вопросы геологии Азии, т. II. М., Изд. АН СССР, 1955, с. 245—256.
11. Петровская Н. В. Самородное золото. М., Наука, 1973.
12. Погребенные россыпи золота побережья морей восточного сектора Арктики/Ю. П. Казакевич, Б. В. Рыжов и др. — В кн.: Древние и погребенные россыпи СССР, ч. 2. Киев, Наукова думка, 1977, с. 26—35.
13. Румянцев Г. С. Грейгит из аллювиальной россыпи на Чукотке. — В кн.: Древние и погребенные россыпи СССР, ч. 2. Киев, Наукова думка, 1977, с. 170—173.
14. Рыжов Б. В. Об окатанности и характере поверхности кристаллов горного хрусталя в кайнозойских отложениях Южного Зауралья. — Труды ВНИИСИМС, т. X. М., Недра, 1969, с. 45—51.
15. Рыжов Б. В., Лапина Л. Я., Стороженко А. А. Строение и размещение золотоносных россыпей Марининской тайги (Кузнецкий Алатау). — Геология и разведка, 1976, № 3, с. 89—95.
16. Рыжов Б. В. Динамические классы россыпей. — В кн.: Древние и погребенные россыпи СССР, ч. 1. Киев, Наукова думка, 1977, с. 44—54.
17. Рыжов Б. В. Погребенные россыпи слаботранспортабельных минералов. — В кн.: Древние и погребенные россыпи СССР, ч. 2. Киев, Наукова думка, 1977, с. 3—7.
18. Рыжов Б. В. К вопросу о значении неотектоники при формировании аллювиальных россыпей. — В кн.: Перемещение полезных компонентов в долинах. Якутск, Изд. ЯФ СО АН СССР, 1977, с. 92—98.
19. Сапрыкин А. А., Шофман И. Л. Новейшие тектонические движения и их влияние на формирование россыпей в северо-восточной части Патомского нагорья. — В кн.: Геология россыпей. М., Наука, 1965, с. 177—179.
20. Сменя Ю. И. Процессы, определяющие особенности формирования и постседиментационные изменения россыпей золота в криолитозоне. — В кн.: Древние и погребенные россыпи СССР, ч. 2. Киев, 1977, с. 49—59.
21. Условия образования и закономерности размещения четвертичных россыпей в Узбекистане/Х. Т. Туляганов, Л. З. Палей и др. — В кн.: Древние и погребенные россыпи СССР, ч. 2. Киев, Наукова думка, 1977, с. 72—76.
22. Фишер В. Л. Аллювиальные россыпи Восточного Забайкалья и их генезис. — В кн.: Проблемы геологии россыпей. Магадан, 1970, с. 316—319.
23. Шило Н. А., Шумилов Ю. В. О динамике и постседиментационном преобразовании аллювия в субполярных условиях. — Геология и геофизика, 1969, № 6, с. 3—11.

УДК 553.45 : 550.812(571)

С. Ф. ЛУГОВ, Ю. И. БАКУЛИН, В. П. ВАСИЛЕНКО,
В. В. КРЫЛОВА, Н. И. ЛАВРИК (ВИМС)

Рациональный комплекс методов при поисках и оценке оловорудных месторождений на Востоке СССР

Восток СССР является основной оловоносной территорией страны. На примере этого региона разработаны и совершенствуются методы поисков и оценки месторождений олова. Однако имеется еще ряд нерешенных вопросов — отсутствуют последовательность и комплексность использования этих методов применительно к основным формационным типам и ландшафтным условиям.

Преобладающая часть поисковых работ на олово сосредоточена на площадях разрабатываемых месторождений и непосредственно прилегающих к ним участках, которые в значительной мере изучены. Перспективы выявления новых скоплений олова в их пределах, как правило, ограничены и связаны с поисками и оценкой скрытого, не выходящего на поверхность оруденения. В меньшей мере поисковые и поисково-оценочные работы на олово в районах известных оловоносных провинций проводились за пределами площадей разрабатываемых месторождений.

Восток СССР представляет собой сложную по геологическому строению металлоносную территорию — северо-западную часть планетарного Тихоокеанского рудного пояса, в пределах которого выделяется ряд оловоносных провинций: Восточно-Забайкальская, Верхне-Колымская, Чукотская, Приморская, Приамурская, Западно-Корякская, Охотско-Чукотская и Восточно-Сихотэалинская. Эти оловоносные провинции различаются историей развития, строением, проявлением магматизма и связанного с ним оловянного оруденения.

В регионе развиты месторождения олова различных формационных, минеральных и морфологических типов. Пространственно они размещены в пределах геосинклинально-складчатых областей, зон активизации срединных массивов и молодых вулканогенных поясов. Преобладают месторождения касситерит-силикатной и касситерит-кварцевой формаций, связанные с ранне-, позднемиловыми и палеогеновыми гранитоидными комплексами в геосинклинально-складчатых структурах, в меньшей степени месторождения касситерит-сульфидной формации, проявленные преимущественно в зонах развития вулканитов верхнемелового-палеогенового возраста.

Основные закономерности проявления оловянного оруденения. Научной основой поисков и оценки месторождений олова являются закономерности их формирования и пространственного размещения.

1. Преимущественная связь оловянного оруденения с кислыми калиевыми дифференциатами постскладчатых гранитоидных комплексов. Рудоносные граниты, с которыми связано оловянное оруденение различных формационных типов, возникали на определенных этапах развития подвижных областей и отличаются между собой по петрохимическим и геохимическим особенностям.

2. Пространственная приуроченность месторождений олова различных формаций: оловоносных редкометалльных пегматитов — к зонам активизации древних щитов и срединных массивов в пределах складчатых структур, реже к ранним поднятиям собственно геосинклинально-

складчатых структур; касситерит-кварцевой — к зонам ранней консолидации и поднятиям среди геосинклинально-складчатых областей палеозоя и мезозоя, частично в зонах активизации срединных массивов; касситерит-силикатной — к поздним этапам развития геосинклинальных систем позднего палеозоя, мезозоя и кайнозоя и размещение их часто в раннеорогенных прогибах и разломах, секущих складчатые структуры; касситерит-сульфидной и риолитовой — к молодым вулканическим поясам и структурам, тяготеющим к Тихоокеанскому побережью. Месторождения типа оловоносных скарнов встречаются на площадях развития карбонатных толщ в связи с проявлением оруденения всех оловорудных формаций.

3. Генетическая и пространственная связь оловянного оруденения с гранитоидными массивами мелких и средних размеров, размещение его в эндо- и экзоконтактных частях и надкупольных зонах скрытых интрузий. В последнем случае вмещающие породы часто несут следы контактового и гидротермального метаморфизма. В глубоко эродированных частях материнских интрузивов промышленное оруденение обычно отсутствует. По характеру проявления регионального метаморфизма можно выделить районы локализации оруденения на разных стадиях амфиболитового и зеленосланцевого метаморфизма. Метаморфизм высоких ступеней развития, как правило, является неблагоприятным фактором для локализации оловянного оруденения.

4. Локализация оруденения в зависимости от состава вмещающих пород и структурной позиции: в складчатых областях — в прогибах, сложенных песчано-сланцевыми терригенными породами; в геантиклинальных поднятиях — в известково-песчано-сланцевых толщах; в активизированных областях, часто в районах с завершенными этапами развития складчатых областей, — в интрузивных и эффузивных образованиях преимущественно кислого состава.

5. Температурная зональность рудоотложения при формировании оловянного оруденения всех формационных типов, которая фиксируется в вертикальном и горизонтальном направлениях. Вертикальная зональность наиболее отчетливо проявлена в месторождениях касситерит-силикатного типа.

6. Отнесение различных по вещественному составу руд, связанных с определенным гранитоидным комплексом, к одной оловорудной формации. Образование минеральных типов (фаций оруденения в рамках оловорудных формаций) обычно обусловлено проявлением гипогенной температурной зональности.

Геологические структуры Востока СССР разделяются по преимущественному развитию оруденения определенных формаций. Например, касситерит-силикатная и касситерит-сульфидная формации развиты в Сихотэ-Алинской и Западно-Корякской подвижных областях, слабее в вулканических поясах; касситерит-силикатная и касситерит-кварцевая — в Монголо-Охотской и Верхояно-Чукотской. Оловоносные редкометалльные пегматиты на территории региона, как правило, не образуют самостоятельных промышленных скоплений. Поисковые критерии и методы поисков месторождений различных формационных и минеральных типов оловянного оруденения отличаются между собой, это необходимо учитывать при проектировании и производстве работ на олово.

Как уже отмечалось, на Востоке СССР основные промышленные скопления олова связаны с касситерит-кварцевой и касситерит-силикатной оловорудными формациями. Поэтому при определении рационального комплекса методов поисков и оценки рассматриваются только эти основные формации месторождений применительно к двум груп-

пам оловорудных районов: 1) перспективные, но недостаточно изученные районы за пределами разрабатываемых месторождений и рудных узлов; 2) изученные районы разрабатываемых и разведанных месторождений и прилегающих к ним площадей, перспективы которых в основном связаны со скрытым оруденением.

Состояние изученности и поисков в регионе. За последнее время открыт ряд новых оловоносных районов и оценены многие месторождения. Однако эффективность геологических работ на олово в ряде районов остается низкой; неодинаковым является также состояние изученности и поисковых работ.

В Приморском крае известные и наиболее интересные проявления олова локализованы в протяженной Главной металлогенической зоне северо-восточного направления с оруденением касситерит-силикатной формации (оловорудные районы Кавалеровский, Дальнегорский, Таежный и др.). Эта зона расположена в пределах Главного синклинория Сихотэ-Алиня и сложена осадочными породами мезозоя, которые прорваны мелкими интрузивами гранитоидов верхнего мела — палеогена, местами перекрытыми меловыми интрузивами среднего и кислого состава. Площадь Главной металлогенической зоны изучена довольно полно. Геологической съемкой масштаба 1:50 000 охвачено около 70% всей территории края, а на площадях основных рудных районов — 85—100%, донным и металлометрическим опробованием — 55—100%, гидрохимией 60—90%. На всех наиболее перспективных участках проведены детальные поисковые геофизические работы масштаба 1:10 000—1:5000, в недостаточных объемах — крупномасштабные гравиметрические и магнитометрические работы.

Менее изученными остаются районы локализации оруденения касситерит-кварцевой формации, расположенные к западу от главной зоны, в пределах Ханкайской и Дубихинской металлогенических зон (Вознесенский, Шетухинский и др.), а также площади развития вулканитов в Прибрежной зоне. Основная часть известных проявлений олова здесь была открыта прямыми геологическими поисками и шлиховым опробованием различного масштаба. В последние годы резко возросла роль геохимических и геофизических методов.

В Приамурье известные оловорудные районы располагаются в Хингано-Баджалской и Северо-Сихотэалинской оловоносных областях, представляющих собой южные звенья более крупных позднемезозойско-кайнозойских орогенных структур Хингано-Охотского и Сихотэ-Алинского поясов. Наиболее благоприятными для размещения оловоносных районов и узлов являются участки земной коры с отрицательными аномалиями гравитационного поля и пониженной магнитной восприимчивостью пород. Они обычно приурочены к площадям прогибов и синклинориев, тяготеют к участкам их сочленения с антиклинориями и другими структурными поднятиями, характеризуются развитием мезо-кайнозойского магматизма и вулканизма.

Изученность оловоносных территорий Приамурья недостаточна. Относительно хорошо изучена Хингано-Баджалская область, слабее — Северо-Сихотэалинская, в пределах которой возможно открытие промышленно интересных скоплений олова. По состоянию изученности и практической значимости выделяются два рудных района — Комсомольский и Хингано-Олонский. Площадь Комсомольского района покрыта геологической съемкой масштаба 1:50 000, аэромагнитной, аэрогаммагравитационной и гравитационной съемками масштаба 1:200 000, а площади основных рудоносных участков опробованы в масштабе 1:10 000. Проводившиеся геологопоисковые работы сопровождались шлиховым, донным и обломочным методами опробования.

В то же время геологическая изученность перспективной территории за пределами указанных рудных районов остается недостаточной.

В настоящее время известные оловоносные площади Приамурья покрыты геологической съемкой среднего масштаба, а наиболее интересные узлы — съемкой более крупного масштаба и опробованы. В Приамурье, как и в Приморье, в освоенных оловорудных районах практически исчерпан фонд месторождений олова, выходящих на поверхность.

На Северо-Востоке СССР оловорудные проявления приурочены к следующим основным структурам: областям ранней касситерит-кварцевой формации; наложенным впадинам и разрывным нарушениям, секущим мезозойды с оруденением касситерит-силикатной формации; Охотско-Чукотскому вулканогенному поясу с оруденением касситерит-сульфидной и касситерит-силикатной формаций. В пределах указанных оловоносных структур размещены многочисленные, в различной степени изученные и опробованные рудные районы, узлы и проявления олова. Подавляющее большинство последних открыто при региональных геологических исследованиях, сопровождавшихся традиционными обломочными и шлиховыми методами поисков, так как специфические ландшафтные и климатические условия предопределили развитие здесь механических и шлиховых ореолов рассеяния. В целом изученность оловоносных структур и опробованность на Северо-Востоке СССР остается недостаточной, в особенности за пределами разрабатываемых и оцененных месторождений.

При современном развитии горноэксплуатационных работ на коренное и россыпное олово объемы поисковых работ необходимо значительно увеличить. При проведении геологических работ мало используются крупномасштабные гравиметрические и геохимические исследования, а также поисковое бурение.

На Корякском нагорье (Камчатка) установлено широкое развитие касситерит-силикатной минерализации, в том числе боливийского типа.

В Забайкалье в основном распространено оруденение касситерит-кварцевой и в меньшей мере касситерит-силикатной формаций. Здесь известно большое количество мелких по масштабам месторождений олова, преобладающая часть которых размещена в пределах олово-вольфрамового пояса Восточного Забайкалья. Среди них следует отметить два района — Шерловогорский и Хапчерангинский, характеризующиеся оруденением касситерит-силикатной (-сульфидной) формации.

Таким образом, общая геологическая изученность и опробованность территории Востока СССР на олово является недостаточной. За пределами известных, хорошо изученных оловорудных районов, по общим геолого-металлогеническим данным, имеются значительные площади, перспективные на выявление разнотипного оловянного оруденения и заслуживающие проведения поисковых и оценочных работ различной детальности.

Ландшафтно-геоморфологические особенности оловоносных территорий. На выбор рационального комплекса поисковых методов и их конечную результативность существенное влияние оказывают ландшафтно-геохимические условия ведения поисковых работ. При поисках оловорудных и сопутствующих им месторождений следует учитывать биоклиматические условия, характер рельефа и степень обнаженности или закрытости района. На Востоке СССР можно выделить два типа районов, относящихся к разным биоклиматическим зонам.

I. Северо-Восток СССР — районы среднегорья и низкогорья, частично открытые и замаскированные, расположенные в холодной зоне с малым количеством осадков и развитием многолетней мерзлоты. Преобладают физические процессы выветривания, механические осадки, связанные с деятельностью водных потоков. Древняя мезо-кайнозойская кора выветривания имеет ограниченное распространение, а рудные выходы слабо изменены, поэтому вторичные геохимические ореолы рассеяния не всегда четко выражены.

II. Приморье, Приамурье и Забайкалье — районы среднегорья и низкогорья, замаскированные и частично открытые, расположенные в умеренно влажной зоне. Преобладают биохимические процессы выветривания и выноса. Широко развита древняя мезо-кайнозойская кора выветривания при сравнительно небольшой мощности. Рудные выходы окислены, зона окисления четко выражена и нередко достигает большой мощности. Вторичные геохимические ореолы рассеяния слабо контрастные. В целом условия влажного умеренного климата благоприятны для проведения геохимической съемки с использованием высокочувствительных методов.

Указанные районы развития оловянного оруденения Востока СССР характеризуются широкой гаммой ландшафтных условий, местами хорошей обнаженностью. Все это позволяет эффективно применять в этих районах различные методы поисков (см. таблицу). Рацио-

Группировка оловоносных районов Востока СССР в зависимости от условий проведения поисковых работ

Районы	Степень обнаженности	Расчлененность	Поисковые признаки*
Средне- и низкогорные в холодной зоне (Северо-Восток СССР)	Частично открытые, замаскированные	Глубоко- и слабо-расчлененные	Рудные выходы, механические (глыбы, валуны), шлиховые, лито-геохимические (потоки рассеяния и открытые вторичные ореолы), гидрохимические и биогеохимические ореолы
Средне- и низкогорные в умеренно-влажной зоне (Приморье, Приамурье, Забайкалье)	Замаскированные, частично открытые	Резко и неглубоко расчлененные	Рудные выходы, шлиховые, лито-геохимические (открытые и погребенные вторичные ореолы, потоки рассеяния), гидрохимические, биогеохимические, механические ореолы

* Подчеркнуты ведущие признаки.

нальный комплекс поисковых методов необходимо выбирать с учетом формационного анализа оловорудных месторождений применительно к конкретной геолого-структурной обстановке.

Современные методы поисков и оценки месторождений олова. Основой рациональных поисков месторождений полезных ископаемых является геологическая съемка, сопровождаемая минералогическими, геохимическими и геофизическими (гравиметрические и магнитные) исследованиями, а при необходимости и структурным бурением. Важную роль при мелко-среднемасштабных геологических съемках, сопровождаемых попутными поисками, играют аэрогеологические и аэрогеофизические методы. Для некоторых оловорудных районов, в основном с минерализацией касситерит-кварцевой формации, особо

результативны гаммаспектрометрические методы поисков в воздушном и наземном вариантах, которые хорошо фиксируют зоны калиевого метасоматоза.

При поисках олова обязательным является шлиховое опробование. При поисках масштаба 1:50 000—1:25 000 (особенно в новых районах) шлиховая съемка по долинам речных систем представляет собой один из основных методов. Однако необходима правильная интерпретация данных шлихового опробования применительно к отдельным формационным типам оруденения, в частности для касситерит-сульфидной формации наличие в шлихах 1—5 г/т касситерита может свидетельствовать о наличии поблизости скоплений коренных руд. Особенно результативна шлиховая съемка в районах развития касситерит-кварцевой оруденения.

Весьма актуален вопрос о рациональной методике обработки проб. Установлено, что лотковое опробование на стадии поисковых работ снижает фактическое содержание олова в песках в 2,5—3 раза (С. Ф. Лугов, 1972 г.). Поэтому полученные результаты необходимо оценивать путем обработки определенного количества проб на более современных установках. Одновременно со шлиховым опробованием водотоков применяется обломочно-речной метод поисков и берутся пробы донных осадков для установления потоков рассеяния олова.

Геохимические методы поисков месторождений олова применяются чрезвычайно широко, особенно в ландшафтных районах второго типа. В зоне гипергенеза ведущим методом являются поиски по вторичным ореолам рассеяния (металлометрическая съемка), литохимическим и отчасти гидрохимическим. При поисково-оценочных работах металлометрическое опробование, как и шлиховое, позволяет выявить общие контуры оловоносного поля, оценить металлоносность различных геологических образований, геофизических аномалий и др. Количественная интерпретация результатов может быть произведена по методикам А. П. Селова, С. В. Григоряна и др.

Литохимические поиски по первичным ореолам широко используются при обнаружении скрытого оруденения в пределах известных и вновь выявленных рудных полей и месторождений. Зональное распределение элементов в ореолах позволяет еще на поисковой стадии решать, в частности, такие важные задачи, как:

— определение формационной принадлежности изучаемого объекта по элементарному составу связанных с ним первичных, а в отдельных случаях и вторичных ореолов;

— определение степени эродированности объекта и глубины распространения оруденения с использованием мультипликативных показателей зональности первичных и вторичных ореолов, ранжированных рядов зональности, соотношений концентраций элементов-примесей в рудных минералах, термоэлектрических свойств арсенопирита, состава газожидких включений в жильных и рудных минералах.

По существу, те же задачи решает метод, разработанный Н. З. Евзиковой (1972 г.), — изучение типоморфизма касситерита на локальных рудных полях в вертикальном и горизонтальном плане.

Геохимический метод оценки перспектив оловоносности рудных тел основан на количественном содержании элементов-примесей (Ta, Nb, Sc, In) и их соотношений в касситеритах и вольфрамитовых (Н. Н. Никулин, 1968 г.). Установлено закономерное снижение содержания индия в касситеритах от верхних горизонтов к нижним и, наоборот, увеличение тантала, ниобия и скандия с глубиной.

В основу метода отбраковки и прогнозной оценки на глубину оловорудных тел, разработанного В. Л. Барсуковым (1966 г.), положены

особенности распада комплексных соединений олова и фтора на месторождениях касситерит-силикатной формации.

Метод барометрии (декрепитации) позволяет также судить о глубине вскрытия рудных полей и отдельных залежей. Например, в рудных залежах по падению устанавливается закономерное повышение температуры формирования основных минеральных ассоциаций.

Геофизические методы весьма эффективно используются при поисках оловорудных месторождений или вмещающих их структур, в частности:

1) гравиметрические работы крупного и среднего масштабов позволяют установить особенности глубинного строения геологических структур, выделить и оконтурить скрытые купола рудоносных интрузивов (отрицательные аномалии силы тяжести), их глубину залегания, форму, обнаружить и трассировать рудолокализирующие разломы и т. д.;

2) те же задачи решают магнитометрические работы (аэро- и наземные) различных масштабов; скрытые рудоносные массивы гранитоидов характеризуются положительными аномалиями магнитного поля вследствие развития в надинтрузивных зонах роговиков и ороровикованных пород с повышенной магнитной восприимчивостью;

3) при детальных поисковых и поисково-оценочных работах широко применяются метод вызванной поляризации (ВП), скважинная геофизика и др.

При поисках все большее значение приобретают методы скоростного анализа руд, минералов и концентратов — ядерно-физические (рентгенорадиометрические, нейтронно-активационные и др.).

Эффективное проведение поисковых работ на олово как в новых, так и в ранее известных районах возможно лишь при рациональном комплексировании геологических, минералогических, геохимических и геофизических методов в зависимости от конкретных геологических условий.

Рациональный комплекс методов поисков и оценки месторождений олова. Анализ фактического материала, накопленного при региональных металлогенических исследованиях, изучении оловоносных районов и отдельных месторождений разнообразными методами, позволяет рекомендовать следующий комплекс методов при поисках и оценке перспектив оловоносности применительно к основным оловорудным формациям и двум группам районов (недостаточно изученным и освоенным).

Месторождения олова касситерит-кварцевой формации. В оловорудных районах первой группы, перспективных, но недостаточно изученных, где пока отсутствуют промышленные месторождения, поисковые работы проводятся в такой последовательности.

На подстадии общих поисков планомерными работами масштаба 1:50 000—1:25 000 выявляются перспективные на обнаружение месторождений олова площади и участки. Геологическая съемка сопровождается шлиховой, гравиметрической, аэромагнитной и аэрогаммаспектроскопической съемками того же масштаба, с последующей детализацией участков шлиховыми и геохимическими работами.

Шлиховые ореолы касситерита и вольфрамитов являются прямыми поисковыми признаками коренных источников олова касситерит-кварцевой формации. При разрушении промышленных месторождений олова данной формации в аллювии водотоков на расстоянии 2—4 км от коренного источника возникают повышенные скопления касситерита — от нескольких десятков до 100 г/м³ и более (С. Ф. Лугов, 1974 г.). В пределах участков, перспективность которых подтвердилась шлихо-

вым опробованием, проводится детализационная металлометрическая съемка масштаба 1:25 000—1:10 000. Выявленные при этом минералого-геохимические аномалии оцениваются путем вскрытия некоторых из них канавами.

В результате проведения указанного комплекса методов достигается относительно высокая степень опосредованности оловоносных площадей и участков, позволяющая обосновать целесообразность постановки детальных поисковых работ.

На подстадии детальных поисков предусматривается изучение выделенных ранее перспективных площадей и участков для обнаружения оловорудных провинций, в первую очередь выходящих на поверхность. Последовательность работ на этой подстадии следующая:

1) схематическая геологическая съемка масштаба 1:10 000 и крупнее, при необходимости — крупномасштабные геофизические работы (наземные магнитометрические и гаммаспектроскопические);

2) детализация данных шлихового опробования перспективных водотоков, опробование склоновых (делювиальных и элювиальных) отложений путем проходки копушей на выделенных перспективных участках;

3) площадная литогеохимическая съемка масштаба 1:10 000 (1:5000) и ее обоснованная интерпретация;

4) изучение рудных выходов, отбор проб протоколов из коренных пород (протоочно-шлиховой метод) для увязки данных шлихового опробования рыхлых отложений с составом тяжелых минералов в коренных породах и выявления коренного источника шлиховых минералов.

В результате проведения указанного комплекса методов производится оценка перспектив изученных площадей и участков с выделением оловорудных проявлений, заслуживающих постановки первоочередных поисково-оценочных работ.

В оловорудных районах второй группы перспективы связаны преимущественно со скрытым оруденением. Такие площади, как правило, хорошо изучены, имеются геологические карты масштаба 1:50 000—1:25 000, проведены необходимые геохимические и геофизические исследования. По характеру используемых поисковых методов, применяемым сетям опробования и наблюдений эти работы соответствуют подстадии детальных поисков и заключаются в выявлении на выделенных площадях конкретных рудолокализирующих структур и рудных залежей (скрытых и слабо проявленных с поверхности) путем комплексного применения общегеологических, геохимических, минералогических, геофизических и других методов повышенной детальности. Поиски направляются в первую очередь на обнаружение аналогов уже известных типов оловорудных месторождений.

Ведущими методами поисков на этой подстадии в ландшафтных условиях Северо-Востока СССР являются минералого-геохимические, а в районах умеренно влажной зоны — геохимические. Для поисков скрытого оруденения любого формационного типа особенно важно изучение первичных геохимических ореолов, которое в комплексе с другими методиками позволяет с небольшими затратами обосновать перспективы оловоносности нижних горизонтов известных проявлений по их выходам на различном уровне эрозионного среза.

При проведении работ этой подстадии предусматривается:

1) кондиционная геолого-структурная съемка масштаба 1:10 000 (1:5000) на локальных площадях с комплексным использованием данных гравиметрии, магнитометрии, аэрогаммаспектроскопии с необходимыми объемами буровых и горных работ;

2) площадная металлометрическая съемка для локализации площадей развития вторичных ореолов рассеяния олова и сопутствующих компонентов или в зависимости от конкретных ландшафтных условий шлиховое опробование делювиальных и элювиальных склоновых отложений в пределах локальных перспективных участков;

3) штучное опробование гидротермально измененных пород, отбор проб протокочек из коренных пород;

4) площадная магниторазведка и различные методы электроразведки;

5) изучение первичных геохимических ореолов и выделение рудных аномалий;

6) предварительная оценка перспективности и степени эродированности отдельных рудных аномалий.

На подстадии поисково-оценочных работ подтверждаются выявленные аномалии с поверхности (горные выработки) и на глубину (буровые скважины). В геологически обоснованном контуре всего месторождения или его части подсчитываются запасы по категории С₂, в остальной части — прогнозные.

Месторождения олова касситерит-силикатной и сульфидной формаций. В оловорудных районах первой группы поисковые работы по существу преследуют те же цели, что и в районах развития касситерит-кварцевого оруденения. Необходимо отметить специфику применения отдельных методов исследований:

— гравиметрическая и магнитометрическая съемка масштаба 1:50 000—1:25 000 (аэро- и наземная) дает наиболее эффективные результаты при выявлении и оконтуривании скрытых оловосодержащих интрузивов, с которыми связано касситерит-силикатное оруденение;

— шлиховая съемка не относится к ведущему методу поисков, хотя ее проведение обязательно в районах любого типа. Россыпи, связанные с данной формацией, содержат лишь 0,5—2% возможных запасов коренного олова;

— в ландшафтных условиях Приморья, Приамурья и Забайкалья ведущим методом поисков скрытого оруденения являются литохимические поиски по вторичным и первичным ореолам и потокам рассеяния, в последние годы начали использоваться ядерно-физические методы (рентгенорадиометрический, нейтронно-активационный и нейтрон-нейтронные) при общих поисках по вторичным ореолам рассеяния;

— при поисковых работах масштаба 1:50 000—1:25 000 хорошие результаты дают гидрохимические методы.

При детальных поисковых работах на выделенных перспективных участках возрастает роль литохимических поисков по вторичным ореолам рассеяния с попутным отбором геохимических проб по коренным породам. На площадях с большой мощностью элювиально-делювиальных отложений необходимо изучение закрытых вторичных ореолов с применением картировочного бурения.

В оловорудных районах второй группы последовательность проводимых работ и комплекс применяемых поисковых методов в целом аналогичны рассмотренным выше для месторождений касситерит-кварцевой формации:

1) при поисках скрытого касситерит-силикатного оруденения к ведущим относятся геофизические и геохимические методы;

2) геофизическими методами достаточно надежно фиксируются не сами оловорудные тела, а области сульфидизации и локальные ореолы биотитизированных пород; совмещение аномалий проводимости и аномалий вызванной поляризации может указывать на наличие скрытого оловянного оруденения;

3) задача геохимических методов заключается в выявлении рудных аномалий, соответствующих скрытым оловосодержащим залежам; повышается роль и эффективность поискового бурения при оценке геохимических и геофизических аномалий на глубине.

Таким образом, в ряде оловосодержащих районов комплексные геохимические методы являются определяющими при поисках скрытого оруденения. Однако достоверные результаты по обнаружению и оценке оловянного оруденения возможны только при комплексировании геохимических методов с детальными геологическими и геофизическими работами и проведении необходимого объема поискового бурения. В целях повышения эффективности исследований предусматривается строгое соблюдение последовательности и стадийности при производстве работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакулин Ю. И. Анализ системы поисковых признаков оловорудных месторождений Комсомольского района. Экспресс-информация. ВИЭМС. Вып. Геология, методы поисков и разведки м-ний металлич. пол. ископ., 1972, № 1.
2. Василенко В. П., Клоев В. К. Глубинное строение восточной части Приморья и закономерности размещения оловорудных месторождений. — В кн.: Закономерности размещения полезных ископаемых, т. X. М., Наука, 1973, с. 175—182.
3. Гшко О. А. Ландшафтные условия и применение поисковых методов. — В кн.: Теоретические основы поисков и разведки твердых полезных ископаемых, т. I. М., Недра, 1968, с. 278—322.
4. Геохимические методы при поисках и разведке рудных месторождений. Вып. 6. М., ИМГРЭ, 1971.
5. Лугов С. Ф. Металлогения олова советской части Тихоокеанского рудного пояса. — В кн.: Закономерности размещения полезных ископаемых, т. X. М., Наука, 1973, с. 138—152.
6. Основные типы оловорудных районов. Под ред. С. Ф. Лугова. М., Недра, 1976.
7. Принципы прогноза и оценки месторождений полезных ископаемых, т. I. Под ред. В. Т. Покалова. М., Недра, 1977.
8. Радкевич Е. А. Очерк металлогении Тихоокеанского рудного пояса. М., Наука, 1977.

УДК 553.22 : 553.495

О. В. АНДРЕЕВА, В. А. ГОЛОВИН (ИГЕМ АН СССР)

Метасоматические процессы на урановом месторождении

Низкотемпературные метасоматиты (по тем признакам, которые в свое время указывал Д. С. Коржинский [3]) сопровождают многие месторождения разнообразных полезных ископаемых, не обнаруживая четкой генетической связи с магматическими породами, хотя и приурочены к районам широкого распространения последних. В силу специфических Р-Т условий образования они характеризуются более сложным строением метасоматических колоннок (появление нерезких, «размазанных» границ между зонами, обилие минералов-реликтов даже во внутренних частях ореолов изменений). Известны [12] двустадийные метасоматические колонки, позволяющие выделять рудосопровождающий (или околорожильный, синрудный) метасоматоз, обычно одновременный или близодновременный с отложением рудных минералов (внутренние части колоннок). Зональность предрудного выщелачивания изучена довольно полно, а процессы околорожильного метасоматоза — далеко недостаточно. Однако именно они в большинстве случаев контролируют размещение рудной минерализации.

Авторами предпринята попытка рассмотреть эти процессы на примере одного из молибден-урановых месторождений жильного типа в гранитах. Наиболее богатое оруденение локализовано на его верхних горизонтах, на глубине развиты только вкрапленные руды.

Гидротермальные низкотемпературные изменения гранитов, вмещающих рудные тела, разнообразны. Самыми ранними следует считать грейзеноподобные породы с полиметаллической минерализацией, сохранившиеся лишь на отдельных участках, не подвергавшихся воздействию более поздних процессов. Абсолютный возраст грейзенов, определенный по мусковитоподобному серициту, значительно (на 100 млн. лет) выше, чем собственно урановорудного процесса. Гидротермальные преобразования, непосредственно связанные с урановорудным процессом, очень интенсивны. Широко проявлены на месторождении метасоматические изменения стадий прерудного кислотного выщелачивания, околопрожилкового (рудосопровождающего) и пострудного (аргиллизация) метасоматоза.

В стадию прерудного кислотного выщелачивания, выраженную здесь гидрослюдизацией, образовались мощные ореолы измененных гранитов (включая и слабоизмененные разности), достигающие в ширину десятков и первых сотен метров, а на глубине не оконтуренные. Их размещение контролируется системой крутых или вертикальных разрывных нарушений и зон трещиноватости. Весьма существенны изменения, связанные со следующей стадией* инверсии кислотности (или сопряженного отложения), — околопрожилковая хлоритизация (шамозитизация), гематитизация, карбонатизация и, наконец, возникновение гематит-альбитовых метасоматитов, к которым практически всегда и приурочены скопления богатых руд или, по крайней мере, зоны повышенной радиоактивности. Хотя альбититы часто тяготеют к зонам катаклаза и трещиноватости, сформировавшимся после выщелачивания (гидрослюдизации), они унаследуют тот же структурный план и никогда не развиваются сразу по неизмененным биотитовым гранитам. Проявлений магматизма между этими двумя стадиями не наблюдалось.

Участки развития метасоматитов гематит-альбитового состава часто располагаются произвольно по отношению к зонам максимальной гидрослюдизации, будучи наложены на граниты, измененные в разной степени, и даже на слабогидрослюдизированные их разности (рис. 1). По вертикали интенсивность зон альбитизации меняется довольно заметно, составляя в верхних частях гранитов первые метры, а на глубине их суммарная мощность (по сближенным зонам) может достигать 15—20 и даже 40 м. По падению зоны альбитизации не оконтурены. Однако мощность альбитовых метасоматитов меньше мощности гидрослюдизированных пород. Повсеместно наблюдаются брекчирование альбитизированных гранитов, цементация обломков альбита мелкоглобулярными агрегатами настурана и мелкозернистым кварцем.

Процесс собственно рудоотложения характеризуется такой последовательностью минеральных ассоциаций: кварц-сульфидно-карбонатная, продуктивная кварц-иордизит-настурановая и заключительная хлорит-флюорит-карбонатная. Иногда вместе с настураном развиты титанаты урана.

В рудоносных гранитах четко проявлена еще поздняя пострудная аргиллизация, тяготеющая в основном к верхним частям гранитных массивов и выклинивающаяся на глубине. Аргиллизированные породы в виде неправильных пятен и линз резкого обеления приурочены к наи-

* Термин «стадия» здесь используется, согласно Д. С. Коржинскому [4].

более поздним разрывным нарушениям (см. рис. 1). Суммарная их мощность не превышает первых метров.

Кислотное выщелачивание гранитов обусловило появление зон гидрослюдизации, другие глинистые минералы практически отсутствуют. При этом метасоматическая зональность следующая (от внешних зон к внутренним): кв+пл+кпш+би (неизмененный гранит) → кв+кпш+пл+карб+хл+гс → кв+кпш+пл (аб)+гс+анк → кв+кпш+гс+анк → кв+гс+анк → кв+гс → кв (очень редко)*. Мощность зоны двуминеральных парагенезисов кв+гс непостоянна — от долей метра до 10—20 м, а слабоизмененных гранитов — в десятки раз больше. Переходы

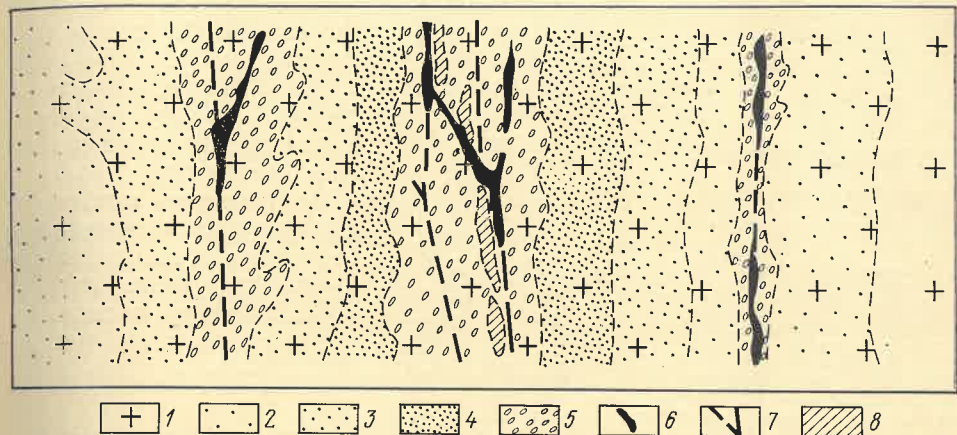


Рис. 1. Зоны альбитизации и оруденения в гидрослюдизированных гранитах (зарисовка стенки горной выработки)

Граниты: 1 — неизмененные, 2 — слабо измененные (кв+кпш+пл+гс+анк), 3 — умеренно измененные (кв+кпш+гс+анк), 4 — сильно измененные (кв+гс+анк или кв+гс); 5 — прожилково-метасоматический альбит; 6 — скопления настурана; 7 — разрывные нарушения и трещины; 8 — монтмориллонитизированные граниты

между указанными зонами весьма постепенные, свойственные низкотемпературным метасоматитам. Карбонаты играют подчиненную роль.

Измененные граниты отличаются светло-зеленой или пятнистой бело-зеленой окраской. В верхних частях ореолов изменений по плагиоклазу и биотиту частично развиваются гидрослюда с карбонатами, а биотит иногда подвергается хлоритизации. На глубине количество новообразованных минералов увеличивается, гидрослюдизация распространяется и на калиевые полевые шпаты, вследствие чего породы утрачивают свои первичные структурные особенности. Кварц всегда устойчив.

На рис. 2 представлены рентгеновские дифрактограммы нескольких образцов слюд из измененных гранитов. Судя по смещениям базальных рефлексов d (001) при обработке глицерином, все слюды содержат небольшое количество разбухающих пакетов, возрастающее к внешним зонам до 15—20%. Данными инфракрасной спектроскопии и дифференциального термического анализа подтверждено присутствие молекулярной воды. Политипная модификация слюд представляет со-

* Характерные минералы метасоматической колонки гранитов: кварц — кв, калиевый полевой шпат — кпш, альбит — аб, плагиоклаз — пл, карбонат — карб, анкерит — анк, гидрослюда — гс, монтмориллонит — мтм, смешаннослойный минерал слюда — монтмориллонит — сл — мтм, каолинит — кл, мусковит — му, биотит — би, хлорит — хл. Термином «гидрослюда» назван смешаннослойный минерал слюда-монтмориллонит с небольшим (5—15%) содержанием разбухающих пакетов [6].

бой или смесь $1M + (2M_1)$, где преобладает первая, или хорошо упорядоченную слюду $1M$, что не свойственно истинным неразбухающим серицитам или фенгитам (определения Б. Б. Звягина, ИГЕМ АН СССР). В табл. 1 приведен химический состав чистых монофракций слюд, выделенных из сильно измененных гранитов, и их кристаллохимические формулы, показывающие, что слюды содержат явный избыток воды

при дефиците калия, состав же октаэдрических катионов в общем близок мусковиту.

Гематит-альбитовые метасоматиты стадии сопряженного отложения, имеющие кирпично-красную, розовую и желто-розовую окраску, образуют сложные прожилково-метасоматические выделения. При этом альбит одновременно выполняет трещины и замещает породообразующие минералы. В верхних частях гранитных массивов наблю-

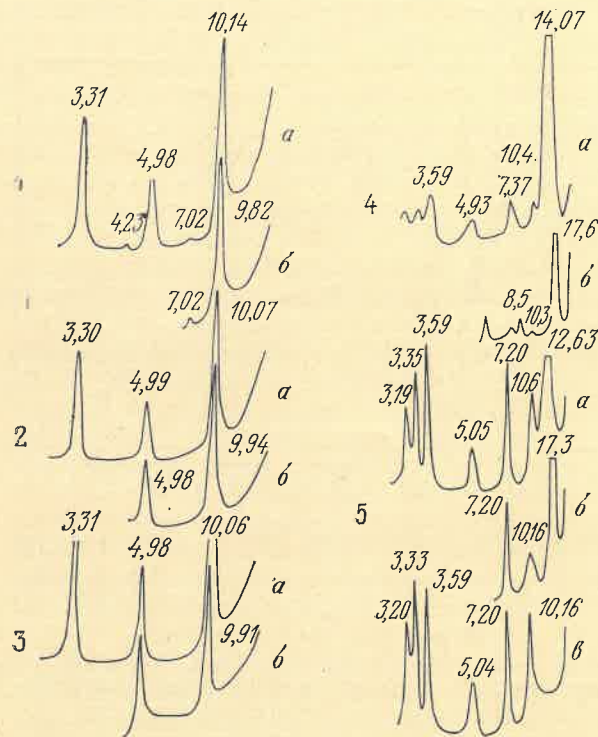


Рис. 2. Рентгеновские дифрактограммы глинистых фракций из образцов измененных гранитов: а — воздушно-сухие образцы, б — насыщенные глицерином, в — прокаленные при $t = 550^\circ \text{C}$. 1 — слабо гидрослюдизированные граниты; 2—3 — внутренние зоны гидрослюдизации; 4 и 5 — аргиллизированные (монтмориллонитизированные) граниты

Таблица 1

Химический состав (%) и кристаллохимические формулы гидрослюдов

Окислы	Обр. 1	Обр. 2	Обр. 3	Обр. 4	Окислы	Обр. 1	Обр. 2	Обр. 3	Обр. 4
SiO ₂	49,04	51,20	48,52	48,26	Na ₂ O	0,10	0,41	0,16	0,15
TiO ₂	0,03	0,12	0,09	0,15	K ₂ O	8,52	8,52	9,48	9,05
Al ₂ O ₃	32,01	31,22	33,64	33,71	H ₂ O	0,84	Не обн.	0,71	1,00
Fe ₂ O ₃	1,06	1,06	1,09	1,16	H ₂ O ⁺	5,98	5,10	5,34	5,42
FeO	0,48	0,36	0,32	0,29	CO ₂	0,38	Не обн.	Не обн.	Не обн.
MnO	0,03	0,09	Не обн.	0,03	П.п.п.	0,80	"	"	"
MgO	0,32	0,60	0,32	0,40					
CaO	0,38	0,26	Не обн.	0,47					
					Сумма	100,01	99,95	99,92	100,09

Примечания. 1. Анализы выполнены в Центральной химической лаборатории ИГЕМ АН СССР. Аналитики Е. И. Ломейко и Т. А. Котенко. 2. Кристаллохимические формулы гидрослюдов: обр. 1 — $(K_{0,74}Na_{0,02}Ca_{0,01})_{0,77}(Al_{1,90}Fe^{3+}_{0,05}Fe^{2+}_{0,03}Mg_{0,02})_2(Si_{3,38}Al_{0,61})_4O_{10}(OH)_{1,91}O_{0,09}^{2-}$; обр. 2 — $(K_{0,72}Na_{0,05}Ca_{0,02})_{0,79}(Al_{1,85}Fe^{3+}_{0,06}Fe^{2+}_{0,02}Mg_{0,06})_2(Si_{3,38}Al_{0,62})_4O_{10}(OH)_{1,88}O_{0,12}^{2-}$; обр. 3 — $(K_{0,81}Na_{0,02})_{0,83}(Al_{1,89}Fe^{3+}_{0,06}Fe^{2+}_{0,02}Mg_{0,03})_2(Si_{3,24}Al_{0,76})_4O_{10}(OH)_{1,93}O_{0,07}^{2-}$; обр. 4 — $(K_{0,77}Na_{0,02}Ca_{0,03})_{0,82}(Al_{1,83}Fe^{3+}_{0,06}Fe^{2+}_{0,02}Mg_{0,04})_2(Si_{3,24}Al_{0,76})_4O_{10}(OH)_{1,93}O_{0,07}^{2-}$.

даются зоны прожилкового и метасоматического альбита, а на больших глубинах преобладает метасоматический альбит. Альбит, выполняющий тонкие прожилки, представлен мелкозернистым агрегатом плохо сдвойникованных зерен размером не более 0,01—0,03 мм. Обычно он пигментирован тонкораспыленным гематитом, иногда становится почти непрозрачным. Более интенсивное развитие и сближение микропрожилков обуславливает возникновение шахматного альбита по калиевым полевым шпатам. Однако микроклин гранитов замещается им при этом относительно слабо. Нередко совершенно не измененные обломки зерен решетчатого микроклина заключены в массе тонкозернистого альбита без следов замещения.

Мелкозернистому альбиту, кроме гематита, иногда сопутствует несколько более поздний по отношению к нему анкерит. В случае совпадения зон интенсивной гидрослюдизации (парагенезисы кв+гс или гс+кв+анк) с зонами гематит-альбитового метасоматоза всегда наблюдается отчетливое разъедание и замещение слюды рудосопровождающим альбитом. Судя по данным химических анализов (табл. 2), в аль-

Таблица 2

Химический состав околорудных измененных гранитов

Окислы	Слабо-измененные	Интенсивно гидрослюдизированные	Альбитизированные	Окислы	Слабо-измененные	Интенсивно гидрослюдизированные	Альбитизированные
SiO ₂	69,08 184,2	78,10 200,43	77,54 198,2	Na ₂ O	4,69 24,2	0,25 0,14	4,99 24,88
TiO ₂	0,46 0,9	0,21 0,38	0,07 0,13	K ₂ O	3,64 12,4	6,21 20,29	2,47 8,05
Al ₂ O ₃	15,07 47,4	11,56 35,09	12,30 37,06	H ₂ O ⁻	0,04 —	0,12 —	0,40 —
Fe ₂ O ₃	1,10 2,2	1,24 2,31	0,74 4,42	H ₂ O ⁺	0,26 4,6	1,16 22,21	0,45 7,69
FeO	1,68 3,7	0,26 0,64	0,57 1,28	CO ₂	0,99 3,6	0,37 1,41	Сл.
MnO	0,09 0,2	Сл.	0,03 —	d _v	2,66	2,56	2,55
MgO	0,82 3,3	0,46 1,76	0,04 0,15				
CaO	2,16 7,2	0,13 0,35	0,34 0,93	Сумма	100,08	100,10	99,94

Примечания. 1. Числитель — содержание в %, знаменатель — в атомных количествах. 2. Анализы выполнены в Центральной химической лаборатории ИГЕМ АН СССР. Аналитик А. И. Гусева.

битизированных метасоматитах резко возросло содержание натрия после его почти полного выноса из гидрослюдизированных гранитов. На глубине заметно увеличивалась роль шахматного альбита, а местами происходило полное растворение породообразующего кварца, вследствие чего измененные граниты приобрели грубопористую и ячеистую структуру, хотя и не подвергались выветриванию. Часть пустот, образовавшихся на месте кварца, заполнилась крупночешуйчатой разностью

каолинита, шамозитом, кальцитом, перистым кварцем, т. е. теми минералами, которые слагают наиболее поздние пострудные прожилки.

Отсутствие метасоматической зональности и тесная связь с более широко проявленными гидрослюдистыми изменениями не позволяют относить гематит-альбитовые метасоматиты к самостоятельной метасоматической формации эйситов [13]. По масштабам развития, роли в гидротермально-метасоматическом процессе и соотношению с оруденением их следует рассматривать как метасоматиты стадии отложения, тесно сопряженные с гидрослюдистым изменением.

Стадия поздней аргиллизации нашла отражение в резком обелении гематитизированных и альбитизированных гранитов, развитии монтмориллонита с переменным, но подчиненным количеством каолинита. При этом метасоматическая зональность не наблюдается. Полевощпатовая часть породы замещена глинистыми минералами не более, чем на 10—15%, замещение носит прожилково-метасоматический характер. Рентгеноструктурный анализ глинистых фракций показал резкое преобладание монтмориллонита (см. рис. 2). Карбонаты в обеленных породах практически не содержатся. В химическом составе аргиллизированных пород увеличивается по сравнению с другими разностями измененных и неизмененных гранитов количество H_2O . Если монтмориллонитизация захватывает и рудные прожилки, то наблюдается загущивание и размазывание их контуров. Возможно, с этим процессом связано некоторое разубоживание руд. Сложное развитие гидротермального процесса на данном месторождении — кислотное выщелачивание, очень интенсивный рудосопровождающий метасоматоз и пострудная аргиллизация — приводит к совмещению метасоматитов разных стадий, что во многих случаях затрудняет их изучение.

Метасоматиты стадии предрудного выщелачивания не вошли в существующие классификации. От березитов они отличаются присутствием гидрослюды и смешаннослойных минералов, а главным образом очень резко выраженной незавершенностью метасоматических реакций. Эти различия связаны с более низкими температурами процесса, чем при березитизации. В ореолах типичной гидротермальной аргиллизации всегда встречаются и другие глинистые минералы — каолинит, монтмориллонит. Карбонат-гидрослюдистые метасоматические образования стадии выщелачивания занимают, по-видимому, некоторое промежуточное положение между березитами и аргиллизитами.

Характерной особенностью месторождения является, как указывалось, необычайно широкое развитие следующего за стадией выщелачивания рудосопровождающего (или околопрожилкового) метасоматоза. Этот процесс с разной интенсивностью протекал и на многих низкотемпературных месторождениях других металлов. Площади его развития иногда сопоставимы с ореолами кислотного выщелачивания, или даже превышают их размеры. Ярким примером служит кальциево-магнезиальный метасоматоз, известный на многих колчеданно-полиметаллических и полиметаллических месторождениях [17, 18]. Здесь нередко возникают альбитовые и доломит-альбитовые метасоматиты, приуроченные непосредственно к контактам с рудными залежами, иногда серицитолиты. На некоторых полиметаллических и золоторудных месторождениях в качестве рудосопровождающего минерала развит адуляр, а на урановых — альбит или альбит с гематитом [11, 14].

Таким образом, для рассматриваемых метасоматических или прожилково-метасоматических образований типичен определенный набор минералов, преимущественно тех, которые были предварительно выщелочены из вмещающих пород. Многочисленные данные по этому вопросу обобщены Д. С. Коржинским [4, 5] более двадцати лет назад при

разработке им теории кислотно-основной эволюции гидротермальных растворов. Затем были установлены новые факты, касающиеся и минералообразования стадии осаждения, например метасоматический, а не только прожилковый характер отложения минералов, сложные, неоднозначные взаимоотношения рудных и нерудных минералов, необычайно крупные масштабы проявления самого процесса и т. д. Дальнейшие теоретические и экспериментальные исследования в этом направлении почти не велись. Так, к настоящему времени в лабораторных условиях воспроизведены почти все главные типы метасоматических колонков как кислотных, так и щелочных, но экспериментальное моделирование процессов стадии осаждения пока, в силу технических причин, не выполнялось. Попытки использования числовых характеристик кислотно-основных свойств минералов [1] для определения последовательности отложения рудных и нерудных минералов во многих случаях оказались безрезультатными. Из сказанного очевидно, что разработка теоретических и экспериментальных моделей метасоматических процессов стадии инверсии кислотности, с которой связано и образование главной массы руд, представляет одну из актуальных задач изучения рудных месторождений.

Описываемые метасоматические и метасоматически-прожилковые образования по ряду признаков отвечают стадии сопряженного отложения, т. е. в их состав входят минералы, встречающиеся и в неизмененных породах. Но последовательность отложения этих минералов иная, а если исходить из предполагаемой кислотофильности минералов, то даже обратная: первыми развиваются такие щелочные ассоциации, как гематит-альбитовая, затем — карбонаты, хлорит, хлорит с гидрослюдой и настурном. Наиболее распространены гематит-альбитовые прожилково-метасоматические образования скорее на нижних, чем на верхних горизонтах месторождения. Как будет показано ниже, отложение альбита в низкотемпературных условиях происходит только в натровой щелочной среде и требует резкой смены параметров растворов, вызывавших ранее кислотное выщелачивание.

На современном уровне знаний оценка параметров гидротермального процесса затруднительна. Наиболее информативными являются данные о составе и свойствах газовой-жидкой включений. Но их изучение осложняется, когда приходится иметь дело с мелкозернистыми метасоматическими образованиями. Возможна приблизительная оценка этих параметров на основе термохимических расчетов. Целесообразность таких построений определяется и отсутствием экспериментальных работ в смешанных, например K-Na, системах в низкотемпературной области ($<300^\circ\text{C}$). Расчеты производились для системы из шести минералов, присутствующих в низкотемпературных метасоматитах, в частности, в измененных породах месторождения, — кварц, гидрослюда (состав которой условно принят мусковитовым), альбит, калиевый полевой шпат, монтмориллонит, каолинит. Следует еще раз подчеркнуть, что такие расчеты являются полуколичественными, поскольку ряд факторов еще не поддается учету (неточность термохимических констант, взаимодействия ионов в сложных растворах и др.). Давление принято $P_{\text{общ}} = P_{H_2O} = 0,5$ кб, имелся в виду избыток SiO_2 при инертном поведении Al_2O_3 . Методика расчетов обычная, она изложена, например, в руководстве В. А. Жарикова [2].

На рис. 3 приведены диаграммы, рассчитанные для температур 100, 200 и 300°C и значений pH 5 и 7. Заштрихована область возможных значений активностей катионов Na^+ и K^+ в гидротермальных растворах, заимствованных из ряда опубликованных отечественных и зарубежных работ о составах газовой-жидкой включений. Величины свободных энер-

гий образования (ΔZ^0) взяты из двух источников [7, 24], причем ΔZ^0 для мусковита и каолинита исправлены в соответствии с расчетными и экспериментальными данными [25]. Парагонит в интересующем нас температурном интервале не стабилен.

На диаграммах отражены почти все главные одно- и двуминеральные парагенезисы низкотемпературных метасоматитов. Смешаннослойные минералы типа слюда-монтмориллонит и гидрослюды, примыкающие к ним, на ней не могут быть показаны. Однако очевидно, что при

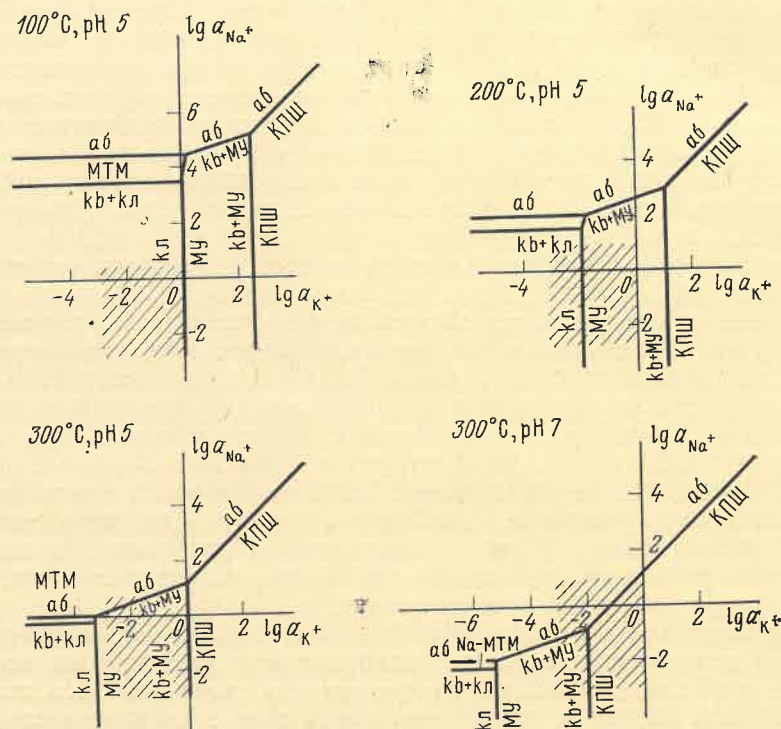


Рис. 3. Расчетные диаграммы $\lg a_{Na^+} - \lg a_{K^+}$ для низкотемпературных околорудных изменений

$t < 300^\circ\text{C}$ они должны занимать значительную часть поля мусковита. Поле устойчивости монтмориллонита ограничено в соответствии с существующими данными по натровым системам [19, 20]. Как видно из приведенных диаграмм, по мере увеличения температуры оно сокращается, что особенно хорошо заметно при сопоставлении их с диаграммами для $t = 100^\circ\text{C}$. Это, по-видимому, является закономерным следствием неустойчивости монтмориллонита при температурах выше 300°C и в натровых, и в смешанных системах, замещения его более высокотемпературными парагенезисами. Отсюда также следует, что смешаннослойные минералы и гидрослюды, содержащие подвижные монтмориллонитовые промежутки, по-видимому, тоже исчезают в области температур, близких к 300°C , замещаясь серицитом (мусковитом). Интересны материалы по гидротермальному метаморфизму молодых дельтовых осадков термального поля Солтон-Си [22]. Здесь монтмориллониты и смешаннослойные минералы замещаются неразбухающей слюдой под воздействием хлоридных калиево-натрово-кальциевых рассолов при еще более низкой температуре — около 210°C на глубине 600–700 м.

Очевидно также, что формирование натровых метасоматитов в условиях интересующих нас температур происходит только в щелочной среде при резком преобладании катиона Na^+ над K^+ в растворе. Эта закономерность для средних температур ($300\text{--}500^\circ\text{C}$) известна давно [21, 23 и др.], а для низкотемпературных условий данные отсутствуют. Существующие расчетные значения константы равновесия реакции $ab + K^+ = kпш + Na^+$ для низких температур подтверждают такую тенденцию [16, 18]. Согласно диаграммам (см. рис. 3), в равновесном растворе избыток катионов Na^+ над K^+ должен быть тем больше, чем ниже температура. Так, при 300°C содержание катиона Na^+ может превосходить количество катионов K^+ в 10 раз, а при 200°C — почти в 60.

Реакция замещения альбита мусковитом (гидрослюдой) имеет большое значение при метасоматических процессах, но экспериментально она пока почти не изучена. На рис. 3 видно, что калиевая слюда устойчива в широком интервале значений активностей катионов K^+ и Na^+ и даже в очень богатых натрием растворах. Отсюда следует, что реакция мусковит → альбит может протекать только при взаимодействии растворов, очень бедных калием (a_{Na^+}/a_{K^+} менее 100). Нередко наблюдается замещение гидрослюды околорудным альбитом в измененных породах месторождения, сопровождающееся резким возрастанием содержания натрия в рудовмещающих гранитах (см. табл. 2). Вероятно, выделение рудосопровождающих альбитовых прожилково-метасоматических образований должно происходить из существенно натровых растворов, далеких даже от равновесия $ab - kпш$. На больших глубинах в гранитах они были недосыщены алюминием и кремнеземом, что вызвало растворение кварца и образование пустот. Это довольно редкое явление для гидротермальных метасоматических процессов.

Заслуживает внимания хорошая сохранность калиевых полевых шпатов даже в местах сгущения прожилковидных выделений альбита. Приходится допускать, что отложение альбита происходило из низкотемпературных растворов, поступление и распространение которых по вертикали было очень быстрым в связи с резким возобновлением тектонической активности в районе месторождения. Отставание скорости метасоматических реакций от скорости фильтрации раствора и вызвало относительно слабую проработку пород. Только на больших глубинах она еще была достаточной для образования интенсивно альбитизированных гранитов.

Действительно, как следует из теории метасоматической зональности, при поступлении раствора (в данном случае щелочного натрового) в породу контрастного ему неравновесного состава (гидрослюдизированные граниты) неизбежно должна возникать реакционная зональность, если этому способствуют и некоторые другие, например температурные, факторы. Подобные условия, по-видимому, и существовали в более глубоких частях месторождения. Здесь хотя и не наблюдается четкая зональность, но альбитизированные граниты могут приобретать черты истинных натровых метасоматитов — эйситов, распространенных на многих урановых месторождениях.

В настоящее время окончательное решение вопросов о причинах появления растворов, вызвавших эти преобразования, и об их источнике, невозможно. Если иметь в виду все перечисленные особенности прожилково-метасоматического минералообразования, то столь резкая смена параметров гидротермального раствора и возрастание его щелочности только за счет инверсии кислотных свойств маловероятны. Важное значение, по-видимому, имели дополнительные факторы, как, например, вскипание раствора и удаление CO_2 при возобновлении тектонической активности. Для изученного месторождения имеются много-

численные анализы составов газовой-жидких включений в минералах, свидетельствующие о резком преобладании суммарной углекислоты над хлором. Кроме того, как было показано Г. Б. Наумовым и В. Б. Наумовым [9], повышение щелочности гидротермального раствора может быть обусловлено резким снижением давления в результате приоткрывания трещин без дополнительного привноса или выноса вещества.

На многих месторождениях (в том числе и урановых) в гидрослюдизированных или березитизированных породах околопрожилковая альбитизация отсутствует, но может быть широко развита карбонатизация или адуляризация. В данном случае большое значение, видимо, имеет исходная специфика растворов, их более натровый характер. Общеизвестно, что всем природным растворам свойственно преобладание натрия над калием и другими катионами, но здесь оно может быть выражено резче. Как было отмечено выше, парагенезис кв+гс устойчив и в существенно натровых кислых, и умереннокислых растворах. Таким образом, один и тот же раствор, производящий вначале выщелачивание и гидрослюдизацию, мог при повышении щелочности на 1—2 порядка прийти в равновесие с альбитом.

Появление щелочных растворов после стадии выщелачивания в большой степени способствовало бы переносу урана, если учесть возможность существования уранил-карбонатных комплексов [8, 10, 15]. Дальнейшая эволюция растворов могла привести к их некоторому раскислению в результате реакций альбитизации, рудоотложения, а в дальнейшем к понижению температуры и, как следствие, — к образованию небольших зон пострудной монтмориллонитизации (аргиллизации).

Из изложенного можно сделать следующие основные выводы.

1. Характерными особенностями метасоматических процессов на изученном месторождении являются необычный карбонатно-гидрослюдистый тип кислотного выщелачивания и очень интенсивное, своеобразное развитие околопрожилкового метасоматоза. Кроме того, здесь проявлены и процессы поздней пострудной аргиллизации (монтмориллонитизации).

2. Карбонат-гидрослюдистые метасоматиты стадии выщелачивания занимают промежуточное положение между аргиллизитами и березитами. От аргиллизитов они отличаются отсутствием таких глинистых минералов, как каолинит и монтмориллонит, а от березитов — наличием гидрослюда и смешаннослойных минералов слюда-монтмориллонит, но не серицитов, а также возникновением плохо проработанных метасоматических колонок.

3. Специфика метасоматоза стадии инверсии кислотности на данном месторождении заключается в появлении прожилково-метасоматических и метасоматических образований гематит-альбитового, гематитового, хлоритового и карбонатного состава. Первые имеют наибольшее значение для локализации оруденения. В отличие от обычной схемы развития стадии сопряженного отложения, порядок образования минеральных ассоциаций здесь обратный — от щелочных к менее щелочным. Интенсивный натровый метасоматоз в отдельных случаях сближает альбитизированные граниты с эйситами. Околопрожилковые альбитовые метасоматиты присутствуют и на других урановых месторождениях. Поэтому они несомненно служат одним из прямых поисковых признаков урановых руд.

4. Согласно термодинамическим расчетам минеральных равновесий для температур 100, 200 и 300°С в смешанных К-На системах при избытке SiO₂ метасоматиты, в состав которых входят гидрослюды или смешаннослойные слюда-монтмориллонит, устойчивы только при темпе-

ратурах не более 300°С. Образование альбита в низкотемпературных условиях могло произойти и без дополнительного привноса натрия в результате резкого скачкообразного возрастания щелочности раствора под влиянием ряда факторов, связанных с тектонической активностью района месторождения (дегазации, приоткрывания трещин). Этим объясняется и обратная последовательность отложения минералов в стадию снижения кислотности. Натровые щелочные растворы благоприятствуют переносу урана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жариков В. А. Кислотно-основные характеристики минералов. — Геология рудных м-ний, 1967, № 5, с. 75—89.
2. Жариков В. А. Основы физико-химической петрологии. М., Изд-во МГУ, 1976.
3. Коржинский Д. С. Очерк метасоматических процессов. — В кн.: Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. М., Изд-во АН СССР, 1955, с. 335—466.
4. Коржинский Д. С. Режим кислотности послемагматических растворов. — Изв. АН СССР, 1957, № 12, с. 3—12.
5. Коржинский Д. С. Гидротермальная кислотно-щелочная дифференциация. — Докл. АН СССР, № 2, т. 122, 1958, с. 267—270.
6. Коссовская А. Г., Дриц В. А. О гидрослюдах осадочных пород. — В кн.: Глины, их минералогия, свойства и практическое значение. М., Наука, 1970, с. 51—58.
7. Наумов Г. Б., Рыженко Б. Н., Ходаковский И. Л. Справочник термодинамических величин. М., Атомиздат, 1971.
8. Наумов Г. Б., Миронова О. Р. Влияние режима углекислоты и кислотности раствора на формирование настурал-карбонатных жил. — В кн.: Геохимия гидротермального рудообразования. М., Наука, 1971, с. 61—77.
9. Наумов Г. Б., Наумов В. Б. Влияние температуры и давления на кислотность эндогенных растворов и стадийность рудообразования. — Геология рудных м-ний, 1977, № 1, с. 13—24.
10. Наумов Г. Б. Основы физико-химической модели уранового рудообразования. М., Атомиздат, 1978.
11. О метасоматических урановых месторождениях Чешского массива/М. Долежел, В. С. Егоров, А. В. Заварзин и др. — Геология рудных м-ний, 1975, № 6, с. 42—53.
12. Омеляненко Б. И. Некоторые закономерности процессов низкотемпературных окислительных изменений и попытка их систематизации. — В кн.: Проблемы метасоматизма. М., Наука, 1970, с. 152—162.
13. Омеляненко Б. И., Лисицина Г. А., Наумов С. С. О формационной самостоятельности низкотемпературных натровых метасоматитов (эйситов). — В кн.: Метасоматизм и рудообразование. М., Наука, 1974, с. 160—171.
14. Петросян Р. В., Бунтикова А. Ф. Калиево-натровые метасоматиты гидротермального уран-молибденового месторождения. — Изв. АН СССР, 1977, № 1, с. 74—82.
15. Рафальский Р. П. Гидротермальные равновесия и процессы минералообразования. М., Атомиздат, 1973.
16. Условия образования месторождений урана в вулканических депрессиях/В. Л. Барсуков, Г. Д. Гладышев, В. Н. Козырев и др. М., Атомиздат, 1972, с. 94—121.
17. Чекавидзе В. Б. Метасоматические изменения вмещающих пород Корбалихинского месторождения (Рудный Алтай). — Тр. ЦНИГРИ, вып. 96, ч. 2, 1971, с. 76—87.
18. Щербань И. П. Условия образования низкотемпературных окислительных метасоматитов. Новосибирск, Наука, 1975.
19. Helgeson H. Solution chemistry and metamorphism. — In: Reseaches in geochemistry, 1967, p. 101—116.
20. Hemley J., Meyer C., Richter D. Some alteration reactions in the system Na₂O—Al₂O₃—SiO₂—H₂O. — US Geol. Surv. Prof. Paper, 1961, 424—D.
21. Lagache M., Weissbrod A. The system: two alkali feldspars—KCl—NaCl—H₂O at moderate to high temperatures and low pressures. — Contributions to Miner. and Petrol., v. 62, N 1, 1977, p. 77—101.
22. Muffler P., White D. Active metamorphism of upper cenozoic sediments in the Salton Sea geothermal field and Salton Trough, Southeastern California. — Geol. Soc. Amer. Bul., 1969, v. 80, p. 157—182.
23. Orville P. M. Alkali ion exchange between vapor and feldspar phases. — Amer. J. Sci., v. 261, N 3, 1963, p. 201—237.
24. Robie R., Waldbaum D. Thermodynamic properties of minerals and related substances at 298, 15°K (25°) and one atmosphere (1,013 bars) pressure and at higher temperatures. — US Geol. Surv. Bul., 1968, N 1259.
25. Zen E-an. Gibbs free energy, enthalpy and entropy of ten rock-forming minerals: calculations, discrepancies, implications. — Am. Miner., v. 57, N 3—4, 1972, p. 193—207.

УДК 551.241(575.1-15)

Н. А. БЕЛЯЕВСКИЙ, А. М. МЕЗЕНЦЕВ,
М. М. МСТИСЛАВСКИЙ, Л. Н. ОЛОФИНСКИЙ

Глубинное строение западной части Туранской плиты

Особенности глубинного строения территории Восточно-Европейской платформы и Туранской плиты рассматриваются в ряде обобщающих работ [1, 2, 3, 4, 13, 20 и др.], где в большинстве случаев принимается трехслойная модель земной коры, включающая осадочный, «гранитный» (гранитно-метаморфический) и «базальтовый» слои, подстилаемые верхней мантией.

Авторами статьи собран фактический геолого-геофизический материал (по профилям ГСЗ, МОВЗ, КМПВ, данные гравиразведки и магниторазведки) и переосмыслен с учетом опубликованной литературы. Проанализированы данные о глубинах залегания основных границ земной коры и их скоростных характеристиках, о глубине проникновения и местоположении зон разломов и амплитудах перемещения по ним сейсмических горизонтов по пяти региональным профилям ГСЗ, по восьми сейсмологическим профилям (МОВЗ) и профилям КМПВ общей протяженностью более 20 000 км. Определены уравнения регрессии и коэффициенты корреляции между глубиной залегания кровли мантии, «базальтового» слоя и значениями аномалий Буге регионального поля силы тяжести, пересчитанными на высоту 45 и 20 км. Выполнен анализ и районирование аэромагнитного поля и гравитационного, наблюдаемого и регионального, пересчитанного в верхнее полупространство на высоту 10, 20 и 45 км; вычислены графики вариационных аномалий $\delta(\Delta g)$ по способу Б. А. Андреева; решена прямая задача для региональных профилей ГСЗ.

В итоге составлены карты рельефа поверхностей Мохоровичича и «базальтового» слоя; схема соотношения мощностей «гранитного» и «базальтового» слоев; схема блоков земной коры Западного Закаспия и геолого-геофизические разрезы.

Карта рельефа поверхности М составлена на основе сейсмических, сейсмологических, гравиметрических и с учетом других данных (рис. 1). Существование корреляционных связей между наблюдаемым или региональным полем силы тяжести и положением внутрикоровых границ для Туранской плиты установлено И. С. Вольвовским и др. [13], М. С. Арабаджи и др. [11], В. И. Шрайбманом [17, 18] и другими исследователями. Авторами статьи для большей части Западного Закаспия (за исключением области Каракумского свода и Мангышлакской системы дислокаций) выявлены удовлетворительные корреляционные связи между глубиной залегания поверхностей М, К и полем силы тяжести, пересчитанным на высоту 45 км ($r = -0,7$) и 20 км ($r = -0,6$). Установленные зависимости позволили провести интерполяцию (изогипсы через 5 км) для поверхности М между опорными точками, глубины в которых известны по сейсмическим и сейсмологическим данным (см. рис. 1). Глубина залегания подошвы земной коры колеблется от 30 до 55 км, причем максимальное ее погружение отмечается на юге, вблизи области альпийского складчатого пояса. Глубины до 45–48 км характерны для восточной части Прикаспийской синеклизы, северо-восточной части Северо-Устьюртского блока и для Бахардокского блока. Наиболее приподнята граница М под Карабогазским (30 км) и Каракумским (33 км) сводами, под Карабаурским (или Байчагыр-Карабаурским) и Кумсебенским выступами (до 34 км) и на крайнем юго-западе в пределах Западно-Туркменской впадины. Указанные области оконтуриваются изогипсами 35 км.

Блоки, отличающиеся гипсометрическим положением поверхности Мохоровичича и внутренним строением, разделены глубинными разломами (таблица). Последние выделялись по наличию смещений поверхностей М и К, зафиксированных на сейсмических (ГСЗ, КМПВ) и сейсмологических профилях (МОВЗ), зон потери корреляции, дифракций, по распределению граничных скоростей по поверхностям М, К и фундаменту, наличию эпицентров землетрясений и т. д. По сейсмическим и сейсмологическим материалам установлены амплитуды смещения по разломам (рис. 2, см. рис. 1). Для выделения и трассирования зон глубинных разломов дополнительно использовались также материалы гравиметрических и магнитных съемок: цепочки линейно вытянутых положительных магнитных аномалий, сопоставляемых по геолого-геофизическим данным с телами основного и ультраосновного состава; характер региональных аномалий поля силы тяжести и геомагнитного поля. В основу выделения и трассирования разрывных нарушений положены геофизические критерии, разработанные Г. И. Амурским и др. [9], Н. Я. Куниным [6, 7], Б. А. Хариковым [15] и др. Кроме зон разло-

мов, секущих земную кору и верхнюю мантию (см. рис. 1), выделены глубинные внутрикоровые разломы (см. рис. 2). Глубинные разломы обусловили первичную неоднородность коры, ее сложное блоковое строение и играют важную роль в тектонике и металлогении района.

Карта рельефа поверхности «базальтового» слоя, построенная по той же методике, что и карта рельефа поверхности М, в значительной мере отражает представле-

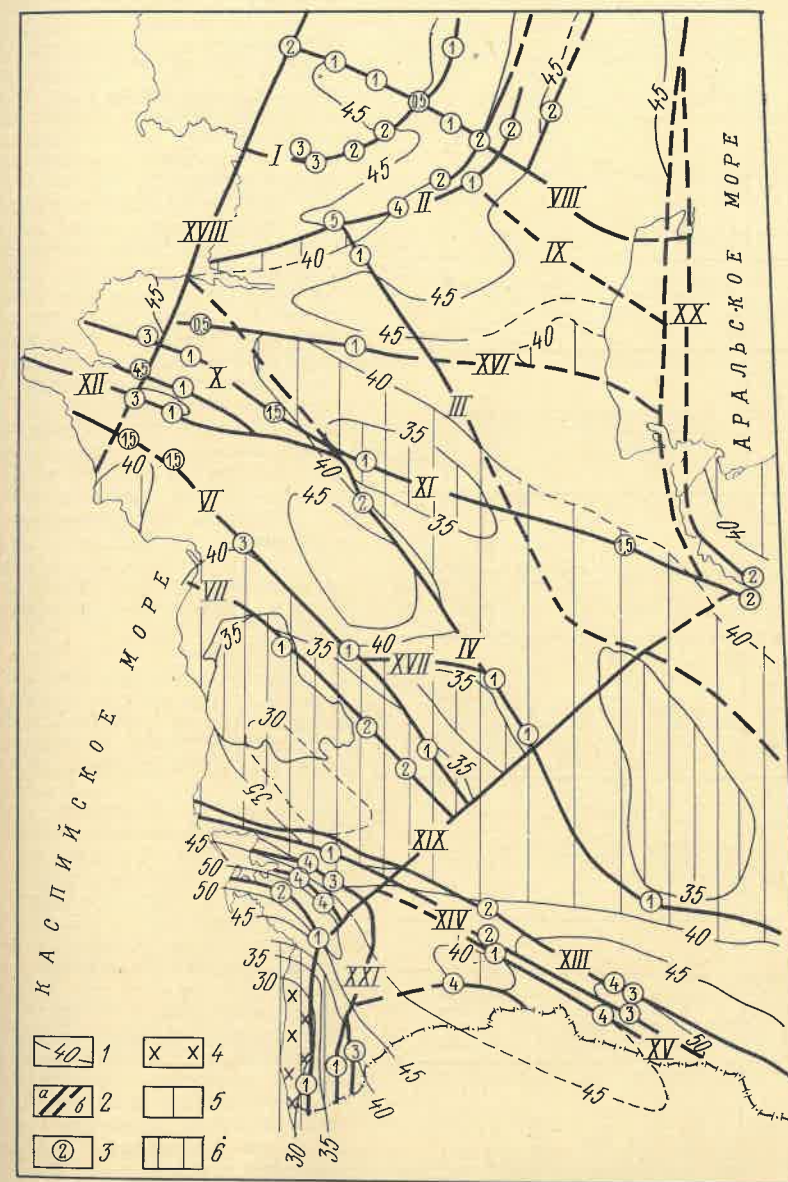


Рис. 1. Карта рельефа поверхности Мохоровичича

1 — изогипсы поверхности М, в км; 2 — глубинные разломы: а — достоверные, б — предполагаемые; 3 — амплитуда смещения поверхности М (в км) по разлому на участке его пересечения сейсморазведочным профилем; 4 — область отсутствия «гранитного» слоя; 5–6 — области поднятия поверхности М; 7 — околтуркменские изогипсы 40 км, 8 — околтуркменские изогипсы 35 км; разломы: 9 — Утыбайский; 10 — Южно-Эмбенский; 11 — Аманьольско-Дарьялык-Даунский; 12 — Бейнеуско-Молдат-Чемкинский; 13 — Жетыбай-Узеньско-Восточнотуркменский; 14 — Южноиндерлинско-Западноуртский; 15 — Базайский; 16 — Северо-Устьюртский; 17 — Южно-Бузачинский; 18 — Северомангышлак-Центральноуртский; 19 — Южно-Каратауский; 20 — Северобалханско-Предкоптедагский; 21 — Кубадаг-Балханско-Баши-Ашхабадский; 22 — Копетдагский; 23 — Арстановско-Южноактумский; 24 — Кумсебенский; 25 — Карагинско-Уильский; 26 — Восточнобалханско-Кургачинский; 27 — Центрально-Аральские; 28 — Южнобалханско-Аладаг-Мессарианский

Геофизическая характеристика блоков земной коры

Наименование блока	Средняя глубина залегания кровли, км			Средняя мощность, км		$\frac{M_r}{M_b}$	Скорость по поверхности (v_p), км/с		
	"Гранитного" слоя	"Базальтового" слоя (К)	Верхней мантии (М)	"Гранитного" слоя	"Базальтового" слоя		"Гранитного" слоя	"Базальтового" слоя	Верхней мантии
Северо-Устьюртский	9	22	44	13	22	0.59	6,1—6,3	6,8	8,1—8,2
Арстановский	5	17	37	12	20	0.6	5,6—6,3	7,0—7,1	8,1—8,2
Бузачинский	7	23	44	16	21	0.76	6,4—6,7	—	До 8,6
Мангышлакский	6	22	42	16	20	0.8	5,8—6,3	6,5	8,1—8,2
Сарыкамышский	5	17	36	12	19	0.63	5,8—6,3	7,0—7,1	—
Карабаурский	3	17	35	14	18	0.78	—	—	8,1—8,2
Кумсебен-Карабогазский	1,5	17	34	15,5	17	0.91	5,4—6,3	7,0—7,1	8,3—8,4
Карабогазский	1,5	17	33	15,5	16	0.97	—	6,6—6,8	До 8,6
Кумсебенский	5	21	35	16	18	0.86	5,8—6,3	7,0—7,1	8,2
Дарьялык-Дауданский	10	23	45	13	22	0.59	5,8—6,3	7,1—7,3	8,2
Бахардокский									

ния предшественников [1, 2, 3, 13], отличаясь большей детальностью в выделении и трассировании глубинных разломов. Поверхность «базальтового» слоя залегает на глубине 15—40 км. Структуры по поверхностям М и К достаточно хорошо увязываются с крупными структурами консолидированного фундамента. Путем совмещения структурных планов поверхностей М, К и фундамента и подсчета мощностей по пикетам вдоль сейсмических и сейсмологических профилей оценены средние мощности «гранитного» и «базальтового» слоев (см. табл. 1).

Использование перечисленных выше материалов и схем позволило авторам, вслед за предыдущими исследователями, выделить разноориентированные глубинные разломы, часть из которых предполагается по косвенным данным и описывается впервые (см. рис. 1, 2, рис. 3) *.

Дугообразные разломы. Выявлены в юго-восточной части Прикаспийской синеклизы — Утыбайский и Южно-Эмбенский. Они отчетливо прослеживаются как уступы амплитудой 1—5 км по поверхности М.

Разломы северо-западного простирания. Аманжольско-Дарьялык-Дауданский разлом отмечается смещением поверхностей М и К и зоной потери корреляции на границе М [15];

Бейнеуско - Модар-Чемкинский разлом отчетливо фиксируется в южной части (на участке Восточно-Карашорского и Модар-Чемкинского разломов) уступами по поверхностям М и К с амплитудами смещения соответственно 1—2 и 1—3 км по трем профилям ГСЗ. К разлому приурочены интрузии основного состава.

Тумгачинский разлом по профилю МОВЗ отмечается только в поверхности «гранитного» слоя смещением амплитудой до 0,5 км. Однако его структурное положение как границы, которая разделяет области Центрально- и Восточно-Мангышлакской дислокаций, имеющих различное строение и различные по знаку региональные гравиметрические аномалии, а также прослеживаемость ряда глубинных разломов только до этой границы позволяют предполагать, что Тумгачинский разлом тоже является глубинным.

* При выборе названий разломов авторы стремились максимально использовать уже существующие [9, 14]. Однако во многих случаях разломы значительно более протяженные и включают несколько региональных разломов, поэтому некоторые из предлагаемых ниже названий оказались громоздкими.

Жетыбай-Узеньско-Восточнотуаркырский разлом отчетливо проявляется смещениями поверхностей М амплитудой от 1 до 3 км и К — от 1 до 1,5 км на всех пересекающих его профилях. Жетыбай-Узеньский и Восточно-Туаркырский разломы объединены в единый на основании анализа вычислений вариационных аномалий $\delta(\Delta g)$ по способу Б. А. Андреева и сейсмологических исследований. Кроме того, здесь отмеча-

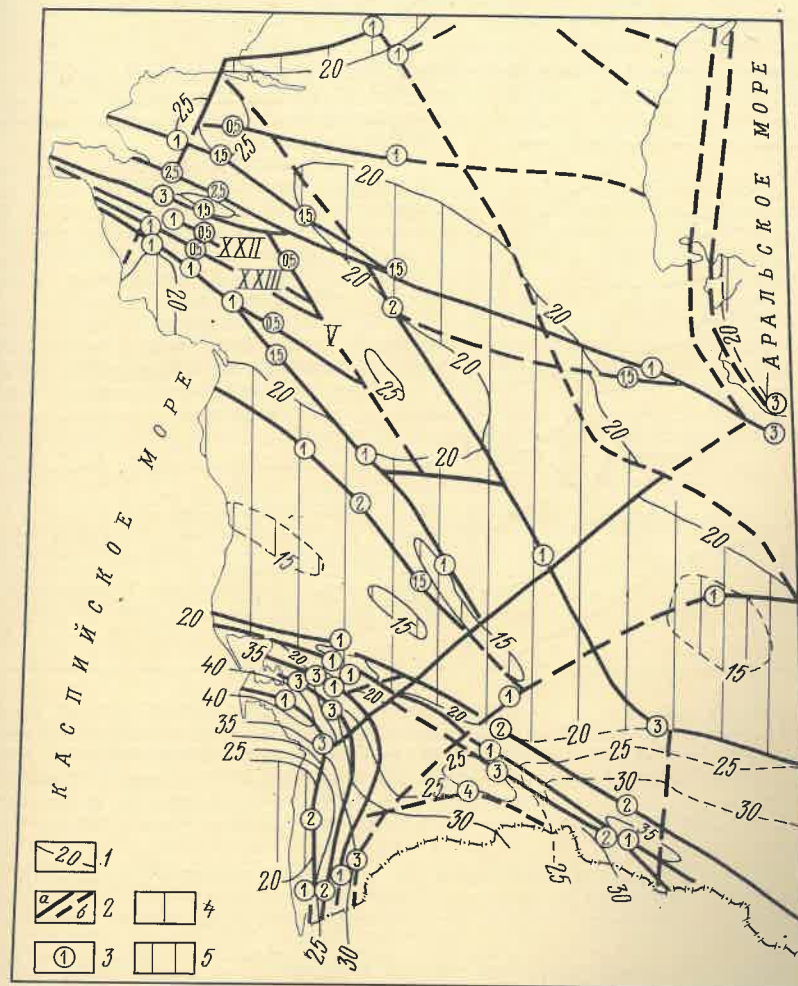


Рис. 2. Карта рельефа поверхности «базальтового» слоя

1 — изогипсы поверхности К; 2 — глубинные разломы: а — достоверные, б — предполагаемые; 3 — амплитуда смещения поверхности М (в км) по разлому на участке его пересечения сейморазведочным профилем; 4 — 5 — области поднятия поверхности «базальтового» слоя: 4 — оконтуренные изогипсой 20 км, 5 — оконтуренные изогипсой 15 км; разломы: V — Тумгачинский, XXII — Чакирганский, XXIII — Беке-Башкудукский

ется единая региональная гравитационная ступень [8]. Вблизи поверхности фундамента зафиксирован очаг слабого землетрясения, расположенный в зоне глубинного разлома [5]. На карте рельефа поверхности «базальтового» слоя видно, что этот глубинный разлом в зоне Жетыбай-Узеньской ступени (Мангышлакский блок) разветвляется на собственно Жетыбай-Узеньский запад-северо-западного простирания и Восточно-Туаркырский северо-западного направления.

Южнокиндерлинско-Западнотуаркырский разлом в южной части отмечается на профилях ГСЗ ступенями поверхностей М и К амплитудой 1,5—2 км. На крайнем юге к нему были приурочены эпицентры слабых землетрясений [19]. По разлому трассируются интрузии основного и ультраосновного состава [16].

Базайский разлом уверенно фиксируется в северо-западной части по пяти профилям КМПВ уступами поверхности М амплитудой 0,5—1 км, а далее к юго-востоку

предполагается по строению поверхности фундамента и наличию смещения этой поверхности амплитудой 0,5 км.

Северо-Устьюртский разлом выделяется по наличию уступа поверхности М амплитудой до 1 км, линейно вытянутой положительной магнитной аномалии и разлома в фундаменте в его юго-восточной части.

Разломы запад-северо-западного простираия. Южно-Бузачинский разлом, приходящийся на востоке к Северомангышлак-Центральноустьюртскому, фиксируется на профилях МОВЗ уступами амплитудой 1—2,5 км. В узле его пересечения с Уильским глубинным разломом на глубине 6,2 км и восточнее — на глубине 11 км отмечены эпицентры землетрясений [5].

Северомангышлак-Центральноустьюртский разлом прослеживается по пяти профилям уступами поверхностей М и К амплитудой 1—2,5 км. К восточной части разлома приурочены интрузии предположительно основного состава.

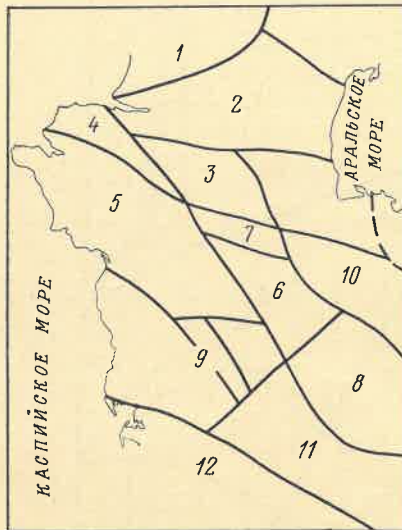


Рис. 3. Схема блоков земной коры

Блоки: 1 — Прикаспийский, 2 — Северо-Устьюртский, 3 — Арстановский, 4 — Бузачинский, 5 — Мангышлакский, 6 — Сарыкамышский, 7 — Карабаурский, 8 — Каракумский, 9 — Кумсебшен-Карабогазский, 10 — Дарьялык-Дауданский, 11 — Бахардокский, 12 — Южно-Туркменский

дой 0,5—1 км на западе и до 3—4 км на востоке. По поверхности К амплитуда смещения колеблется от 1 до 4 км. В этой шовной зоне отмечены эпицентры землетрясений на глубинах до 50 км [10, 19]. Среди данной группы разломов почти широтное простираение имеет Арстановско-Южноактумсукский разлом, который в западной и центральной частях фиксируется по трем профилям (МОВЗ и ГСЗ) ступенями по поверхностям М и К с амплитудой до 0,5—1 км. Далее к востоку он трассируется по данным гравитационной разведки.

Кумсебшенский разлом выявляется по изменению характера гравиметрического поля и наличию регионального разлома в поверхности фундамента. Разлом находится в зоне, в пределах которой глубина залегания внутрикоровых границ различается на 10 км.

Разломы северо-восточного простираия выделяются в основном по косвенным признакам.

Восточнобалханско-Курганчикский разлом фиксируется профилем ГСЗ по поверхностям М и К уступами с амплитудой соответственно 10 и 8 км. На профиле МОВЗ ему соответствует зона потери корреляции; вдоль разлома наблюдается смещение в плане интенсивной магнитной аномалии Прикопетдагской зоны и замыкание регионального гравитационного максимума, приуроченного к Карабогазскому своду (см. рис. 1). В пределах Западно-Туркменской впадины разлом поворачивает к югу и ограничивает с востока область, где отсутствует «гранитный» слой.

Разломы меридионального направления. Два сближенных Центрально-Аральских (Куланды-Тахтакаирских) разлома установлены по профилю МОВЗ и протрассированы к северу по осям линейно вытянутых положительных магнитных аномалий и разломам в поверхности фундамента, зафиксированным на севере в пределах суши и акватории Аральского моря.

Южная группа дугообразных разломов. Внешнюю дугу ее образуют Южно-Балханский и Аладаг-Мессарианский разломы, амплитуда смещения поверхности М по ним 1—3 км. Разломы ограничивают Западно-Туркменскую впадину, где прогибание фундамента максимально; к ним приурочены эпицентры землетрясений и грязевые вулканы [19]. Внутренняя дуга ограничивает область Южно-Каспийской впадины с океанической корой (см. рис. 1).

Внутрикоровые глубинные разломы. Чакрырганский и Беке-Башкудукский разломы фиксируются на профилях МОВЗ уступами поверхностей «гранитного» и «базальтового» слоев с амплитудой соответственно 0,5 и 1 км (см. рис. 2).

Юго-восточнее Восточнобалханско-Курганчикского разлома по материалам МОВЗ предполагается наличие разлома, смещающего поверхность «базальтового» слоя. Он ограничивает с севера и северо-запада ядро Центрально-Каракумского свода. Существование глубинного разлома косвенно подтверждается различным характером потенциальных полей в разделяемых им блоках.

На основе выявленной сети глубинных разломов, рельефа поверхностей М и К, соотношения мощностей «гранитного» и «базальтового» слоев выделены блоки глубинной структуры региона (см. таблицу и рис. 3). Для большей части территории мощность «базальтового» слоя (M_6) несколько превышает мощность «гранитного» (M_7); коэффициент $K = \frac{M_7}{M_6} = 0,7 \div 0,9$. По указанному признаку выделяется несколько областей, состоящих из аналогичных блоков.

Так, значения $K < 0,7$ характерны для Северо-Устьюртского, Арстановского, Сарыкамышского и Бахардокского блоков, где отмечается уменьшение мощности «гранитного» при одновременном увеличении мощности «базальтового» слоя по сравнению с соседними блоками. Названные блоки отличаются также наибольшей погруженностью поверхности фундамента. Северо-Устьюртский и Бахардокский блоки, где наиболее погружены поверхности М, К и фундамент, а также увеличена мощность «базальтового» и осадочного слоев, при несколько сокращенной «гранитного» слоя, в современном структурном плане образуют основание наиболее крупных отрицательных структур — Северо-Устьюртской и Амударьинской синеклиз. Западным продолжением последней и является Бахардокский блок. Тенденция к увеличению мощности «базальтового» и осадочного слоев при выклинивании «гранитного» слоя максимально проявилась непосредственно к западу от Бахардокского блока в пределах Южно-Каспийской впадины. Аналогичная тенденция отмечается и к северо-западу от Северо-Устьюртского блока в сторону центральной части Прикаспийской синеклизы, где также полностью выклинивается «гранитный» слой.

Значения $K > 0,9$ характерны для Кумсебшен-Карабогазского блока, который является наиболее четко выраженным сводообразным поднятием по всем структурным поверхностям: М, К и фундаменту. В пределах Карабогазского поднятия мощность «базальтового» слоя значительно сокращена при некотором увеличении мощности «гранитного». Эта структура, с нашей точки зрения, является щитом срединного или, вернее, краевого массива.

Значения K от 0,7 до 0,8 характерны для Каракумского, Карабаурского и Бузачинского блоков, образующих в современной структуре фундамента диагональную область поднятий северо-западного направления (см. рис. 1, 2, 3). Первые два блока образуют единое поднятие по поверхности М, окаймленное стратоизогипсой 36 км, внутри которого располагаются овалы, оконтуренные изогипсой 35 км, северо-западной ориентировки (см. рис. 1). И. С. Вольвовский и др. [13] объединяют эти структуры в единую Каракумскую область поднятий.

Значения K от 0,8 до 0,9 отмечаются для Мангышлакского и Дарьялыкско-Дауданского блоков, приуроченных к одноименным прогибам фундамента, которые непосредственно примыкают и образуют центральную часть диагональной Бузачинско-Каракумской области глубинных поднятий. Поверхность фундамента здесь расположена гипсометрически выше, чем в периферических Северо-Устьюртском и Бахардокском прогибах, от которых первые отличаются также и увеличенной мощностью «гранитного» и несколько сокращенной «базальтового» слоев (см. таблицу).

Все выше изложенное свидетельствует о том, что крупные блоки земной коры, характеризующиеся сходным глубинным строением, аналогично и унаследованно проявились в современной структуре фундамента и чехла. Это имеет немаловажное значение при геотектоническом районировании и металлогеническом анализе западной части Туранской плиты. Зоны глубинных разломов играли важную роль в формировании и развитии земной коры и платформенного чехла. Они оказали большое значение в вертикальной миграции флюидов и формировании зон регионального нефтегазоаккумуляции [12, 14].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Беляевский Н. А. Земная кора в пределах территории СССР. М., Недра, 1974.
- Борисов А. А. Глубинная структура территории СССР по геофизическим данным. М., Недра, 1967.
- Вольвовский И. С. Сейсмические исследования земной коры в СССР. М., Недра, 1973.
- Годин Ю. Н. Глубинное геологическое строение западной части Средней Азии по данным геофизических исследований. М., Гостоптехиздат, 1960.
- Димаков А. И., Тамаров А. И. Глубинная структура Мангышлака. Л., Недра, 1973.
- Кунин Н. Я., Коробкин Л. М. Региональные геофизические исследования глубинного

- строения Южного Мангышлака. — Регион. развед. и промысл. геофизика. М., Изд. ОНТИ, 1971.
7. Кунин Н. Я. Комплексирование геофизических методов при геологических исследованиях. М., Недра, 1972.
 8. Куприн П. Н. Тектоника Прикарабогазской депрессии. — В кн.: Молодые платформы, их тектоника и перспективы нефтегазоносности. М., Наука, 1965, с. 138—145.
 9. Критерии выделения зон глубинных разломов, их классификация и роль в современной структуре юга Туранской плиты/Г. И. Амурский, Ф. А. Арест, В. Т. Воловик и др. — В кн.: Геологические результаты прикладной геофизики. М., Наука, 1968, с. 54—57.
 10. Одеков О. А., Мурадов И. Ч., Ювшанов А. Строение земной коры основных структурных элементов Туркменистана. — Изв. АН ТССР. Серия физ.-техн., хим. и геол. наук, 1972, № 4, с. 42—57.
 11. Опыт применения математических методов в геологии/М. С. Арабаджи, Ю. М. Васильев, В. С. Мильничук и др. М., Недра, 1969.
 12. Распределение гелия в грунтовых водах Западного Закаспия и его связь с тектонической структурой/М. М. Мстиславский, Б. Н. Маринов, Г. С. Маринова и др. — Геохимия, 1978, № 4, с. 593—596.
 13. Тектоника Туранской плиты/И. С. Вольвовский, Р. Г. Гарецкий, А. Б. Шлезингер и др. — Труды ГИН АН СССР, 1966, вып. 165.
 14. Фундамент, основные разломы Туранской плиты в связи с ее нефтегазоносностью/А. А. Бакиров, Р. И. Быков, В. П. Гаврилов и др. М., Недра, 1970.
 15. Хариков Б. А. Геофизические характеристики структуры земной коры юго-западной Туркмении. — В кн.: Методика и результаты комплексных геофизических исследований. М., 1969, с. 29—30.
 16. Худобина Е. А. Магматические породы Западной Туркмении. — Труды ВСЕГЕИ. Новая серия 45, 1961, вып. 4.
 17. Шрайбман В. И. О неоднородностях строения верхней мантии на западе Средней Азии. — Сов. геология, 1968, № 8, с. 101—105.
 18. Шрайбман В. И. Соотношение гравитирующих факторов запада Средней Азии. — В кн.: Методика и результаты комплексных геофизических исследований. М., Недра, 1969, с. 74—75.
 19. Шукин Ю. К. Сейсмогенные структуры, фокальные зоны Альпийского пояса, их связь с геофизическими полями и разломами. — В кн.: Разломы земной коры. М., Наука, 1977, с. 125—132.
 20. Янишин А. Л. Взгляды А. Д. Архангельского на тектонический характер юго-восточного обрамления Русской платформы и современное представление по этому вопросу. — В кн.: Памяти акад. А. Д. Архангельского. М., Изд-во АН СССР, 1951, с. 253—327.

УДК 550.834.32+551.24 (234.852)

В. С. ДРУЖИНИН, А. М. ПОСТНИКОВА,
В. М. РЫБАЛКА, Н. И. ХАЛЕВИН,
Б. Ф. ШАРМАНОВ, Л. Н. ШАРМАНОВА (Уральское ТГУ)

Строение верхней части земной коры по Красноуральскому профилю ГСЗ

С целью изучения глубинного строения Урала в 1975—1976 гг. были проведены сейсмические работы МПВ, МОВ и ГСЗ по 360-километровому профилю—Красноуральскому (рис. 1), пересекающему все основные структуры Урала: Восточно-Европейскую платформу, Предуральский прогиб, Западно-Уральскую зону складчатости, Центральную-Уральское поднятие, Тагильско-Магнитогорский прогиб, Восточно-Уральское поднятие, Восточно-Уральский прогиб и Зауральское поднятие.

На Красноуральском профиле работы выполнены по системам дискретного профилирования, что обусловлено, с одной стороны, труднодоступностью горно-таежных и заболоченных участков трассы, сменяющихся охранными водными и лесопарковыми зонами, промышленными и гражданскими объектами, и с другой, — желанием провести исследования наиболее информативными докритическими отраженными волнами, с учетом пространственных характеристик их подхода к линиям наблюдений. Одновременно предусматривалось использование материалов по опорным промышленным и закритическим отраженным волнам от основных границ раздела земной коры и верхней мантии путем интерпретации их методом точечных (дифференциальных) зондирования [5]. При дискретной системе наблюдений для пунктов взрыва и стоянок сейсмостанций

всегда удавалось находить участки малоценных земель со сравнительно доступными подъездами.

В 1975 г. наблюдения ГСЗ выполнялись в восточной половине профиля на протяжении 200 км. Применялась система одностороннего зондирования с использованием четырех 48-канальных сейсмостанций. Наблюдения производились от 5—7 специальных и промышленных пунктов взрыва на расстояниях 140—386 км.

В 1976 г. была применена предложенная Баженовской геофизической экспедицией методика дискретного профилирования по системе МПВ (МОВ) крестовыми установками с многократным перекрытием. Эта методика содержит элементы методики точечных зондирования [5], площадных исследований земной коры с помощью промышленных взрывов [7] и рудной сейсморазведки [4]. Расстояние между пунктами взрыва

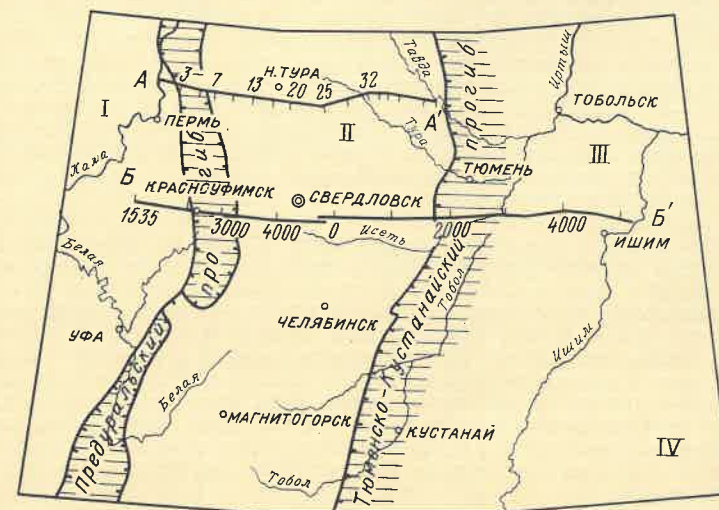


Рис. 1. Схема расположения Красноуральского (А—А') и Свердловского (Б—Б') сейсмических профилей

Крупные геологические структуры Уральского региона: I — восточная окраина Восточно-Европейской платформы, II — Уральская геосинклинальная система, III — Западно-Сибирская плита, IV — Казахская складчатая система

и стоянками сейсмостанций в среднем 10 км, максимальное — около 70 км; максимальная длина годографа 140 км. Предусмотренное схемой 7-кратное перекрытие дополнялось регистрацией волн от промышленных взрывов с действующих карьеров Качканара, Кушвы, Утеса, Осоко-Александровского, которые находятся вблизи профиля, а также с карьера Асбест, расположенного в 160—280 км южнее. В зоне Тагильско-Магнитогорского прогиба сейсмологической аппаратурой «Черепаша» дублировались все наблюдения многоканальных сейсмостанций; в западной части профиля — половина их.

Анализ волнового поля по Красноуральскому профилю показал, что характер записей волн для одних и тех же тектонических зон в общих чертах сопоставим с наблюдаемым на Свердловском профиле, где проводилось непрерывное профилирование КМПВ—ГСЗ.

На обоих профилях наблюдается четкое различие волновой картины для разных тектонических зон. Среди них можно выделить три крупные области: западную, охватывающую восточную окраину платформы, Предуральский прогиб и западный склон Урала; центральную, начиная с Тагильско-Магнитогорского прогиба и кончая западной частью Восточно-Уральского поднятия; и восточную (зауральскую).

В западной части профилей зарегистрированные на расстояниях до 8—10 км от пункта взрыва волны, отраженные от поверхности древнего фундамента, не имеют динамической выразительности и трудно выделяются. При больших удалениях их волновая картина приобретает более специфический характер. Так, при регистрации на расстояниях 15—24 км от пункта взрыва, во вторых вступлениях на временах $t=5,78 \div 6,58$ с появляется динамически выраженная многофазная группа волн, состоящая, вероятно, из головной и отраженной волн.

На больших расстояниях (40—80 км) эта интенсивная группа волн прослеживается почти параллельно первым вступлениям с незначительным расхождением и отличается несколько пониженной видимой частотой. Закритическая отраженная волна от фундамента характеризуется повышенной интенсивностью и многофазностью.

Значительное сходство волн P_{01} , зарегистрированных на двух профилях, значительно удаленных друг от друга, свидетельствует об их выдержанности и следовательно о возможности изучения поверхности древнего фундамента дискретными системами наблюдений при базах зондирования от 15—24 до 60—80 км.

По данным азимутальных наблюдений регистрируемые в последующих вступлениях волны являются преимущественно сложно поляризованными, интерференционными, среди них много поперечных, обменных и «боковых» скользящих волн, связанных с неоднородностями в верхней части разреза, которые затрудняют выделение продольных волн от более глубоких горизонтов.

В центральной части профиля волны в первых вступлениях характеризуются большими значениями v^* (5,5—6,2 км/с) и очень слабой рефракцией по сравнению с западной зоной. Волны, зарегистрированные на расстоянии до 30—40 км, соответствуют поверхности неветрелых палеозойских отложений. В отличие от западной части профиля здесь не наблюдается интенсивных волн от поверхности древнего фундамента, но уверенно выделяется несколько групп докритических отраженных волн от промежуточных границ в верхней и средней частях земной коры, особенно от границы на глубине 25—32 км. Аналогичная картина отмечается на Свердловском профиле. По данным азимутальных наблюдений в центральной зоне среди зарегистрированных волн в последующих вступлениях иногда преобладают сложно поляризованные интерференционные волны. Интерференционный характер записи в этом случае обусловлен, по-видимому, сложным глубинным строением.

По результатам наблюдений с низкочастотной аппаратурой «Черепаша» в центральной части профиля при базах зондирования 10—20 км выделяется несколько волн, отраженных от горизонтов в верхней части земной коры. Весьма важен тот факт, что на горизонтальном сейсмоприемнике, ориентированном «север—юг», не менее уверенно выделяются и поперечные отраженные волны — аналоги продольных волн.

В восточной (зауральской) части профиля первые вступления на удалении 70—80 км представлены несколькими преломленными волнами с $v^*=5,0$ —5,2; 5,9—6,1 и 6,4—6,7 км/с, причем последняя группа отвечает волнам P_{01} от поверхности древнего фундамента. Но в отличие от западного склона Урала здесь преломленные и закритические волны от фундамента разделить не удастся. Для последующих вступлений снова характерна сложная запись вследствие регистрации на сейсмограммах интенсивных поперечных, обменных и «боковых» волн, основным источником которых является верхняя часть разреза.

Интерпретация зарегистрированного сложного волнового поля велась с помощью ЭВМ [3, 6] при различной заданной среде. На рис. 2 представлена сейсмическая информация о строении верхней части земной коры вдоль Красноуральского профиля: на рис. 2, а изображен скоростной разрез, составленный по программе «Грунт» [1], а на рис. 2, б — фрагменты сейсмического разреза, построенного по данным интерпретации специального поля времен первых вступлений и зондирования отраженных (продольных, обменных, поперечных) волн. В связи с бурением Уральской сверхглубокой скважины эта часть профиля вызывает наибольший интерес, поэтому здесь были сконцентрированы сейсмологические наблюдения.

Разделение всего профиля на три части по особенностям волновой картины находит отражение на сейсмическом и скоростном разрезах. Кроме того, на них наблюдается более дробная дифференциация на отдельные блоки, соответствующие структурам первого порядка тектонической схемы И. Д. Соболева. В западной части следует выделить блоки: Приуральский, Западно-Уральский и Центрально-Уральский, в центральной — Тагильский и Салдинский, в восточной — Коневско-Гаевский и Восточно-Уральский, сменяющийся к востоку Зауральским блоком.

Приуральский блок. Охватывает самую восточную часть Восточно-Европейской платформы и Предуральский прогиб. Эта структура характеризуется относительно повышенными скоростными параметрами верхней части коры, наличием поверхности древнего фундамента платформы, которая отмечается на разрезе преломляющим горизонтом с $v_r=5,9$ —6,0 км/с (на скоростном разрезе ему соответствует изолиния 6,0 км/с).

Наблюдаемое расхождение в положении этих границ в восточной части прогиба возможно обусловлено отсутствием в первых вступлениях преломленных волн от поверхности древнего фундамента.

В западной части блока осадочные отложения имеют сокращенную мощность (3—4 км). Здесь практически отсутствуют низкоскоростные осадки, и породы с $v_{пл}=5,2$ —5,6 км/с залегают на глубине 0—0,4 км. Это соответствует геологическим и имеющимся детальным сейсмическим данным: верхняя часть рассматриваемого комплекса сложена пермским карбонатным комплексом, а древний фундамент, представленный гранито-гнейсами, расположен в интервале глубин 3—4 км.

Восточная часть блока, в отличие от западной, характеризуется наличием пород с относительно пониженными скоростями прохождения волн ($v_{пл}=4,7$ —5,2 км/с) в верхней части разреза мощностью около 1,0 км. По детальным сейсмическим данным треста «Пермьнефтегеофизика», на этих глубинах прослежен горизонт А^к, приуроченный к поверхности пермского карбонатного комплекса. На скоростном разрезе ему соот-

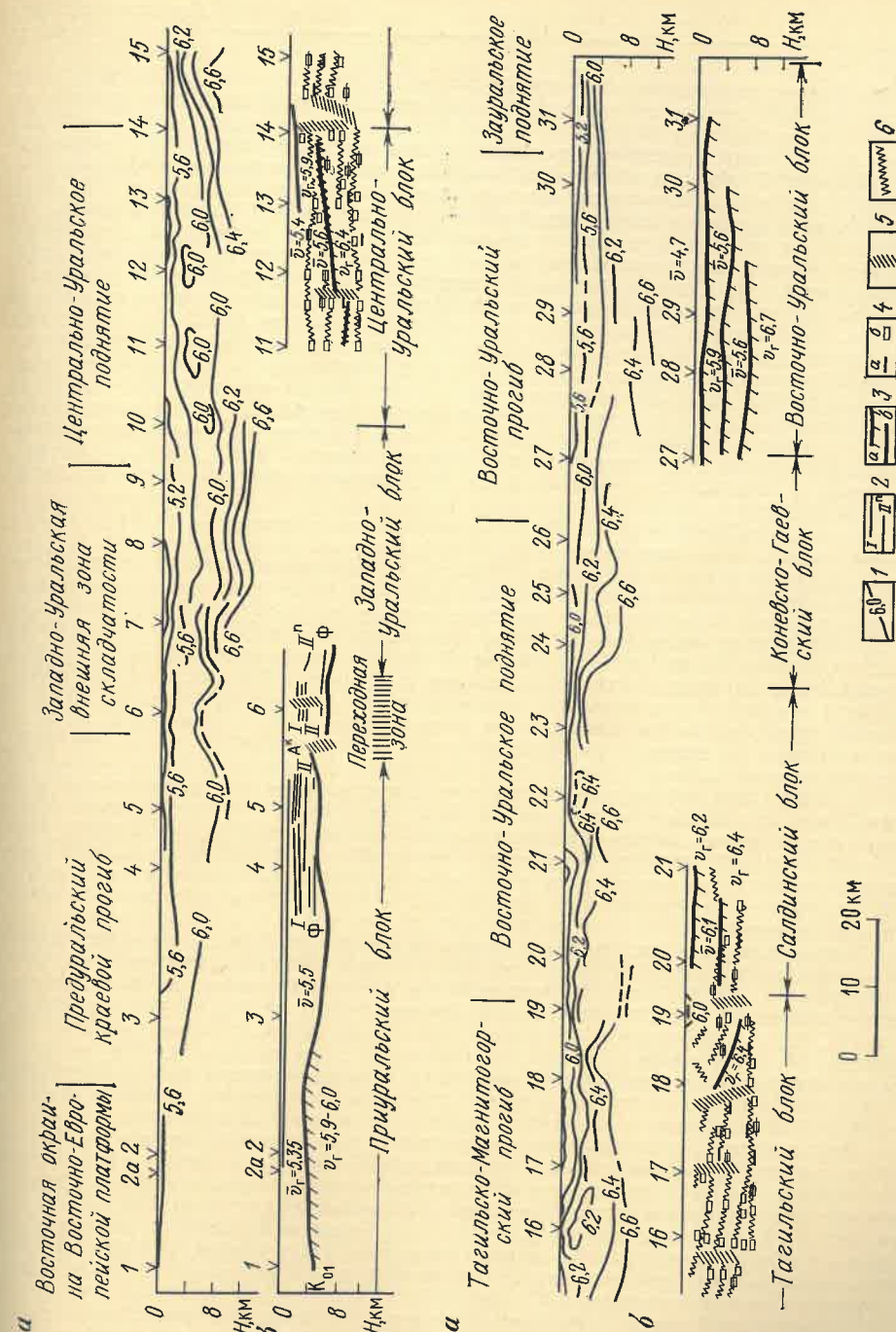


Рис. 2. Разрезы верхней части земной коры по Красноуральскому профилю. а — скоростной, б — сейсмический. 1 — линия изоскоростей по данным первых вступлений, вычисленных по программе «Грунт»; 2 — отражающие горизонты по данным работ треста «Пермьнефтегеофизика»; 3 — преломляющие и отражающие (б) границы по данным точечных зондирований; 4 — интерпретация данных исследований аппаратурой «Черепаша»; 5 — отражающие элементы по продольным, поперечным волнам; 6 — предполагаемые зоны нарушений в залегании сейсмических границ; 6 — условные отражающие горизонты с учетом исследований сейсмическими станциями.

ветствует, по нашим данным, скоростной уровень 5,4 км/с. В целом вся верхняя часть рассматриваемой зоны имеет высокий градиент нарастания скорости, что проявляется в сгущении изолиний со значениями $v_{пл}=5,0-5,7$ км/с в интервале до 2 км. На уровне $v_{пл}=5,7$ км/с прослежен (по данным треста «Пермнефтегеофизика») отражающий горизонт I, отвечающий карбонатному комплексу верхнего карбона. Согласно интерпретации первых вступлений всю нижнюю часть осадочной толщи можно представить в виде среды со значениями $\bar{v}=5,7-5,8$ км/с. Это соответствует данным ОГТ и сейсмокаротажа, по которым переслаивающаяся толща карбонатов ($v_{пл}\geq 5,0-6,4$ км/с) и терригенных отложений ($v_{пл}=4,7-5,4$ км/с), расположенная ниже отражающего горизонта I, имеет средние значения пластовых скоростей 5,45—5,95 км/с.

Поверхность древнего фундамента погружается в восточной части прогиба до 5—7 км. На границе с Западно-Уральской зоной складчатости (ПК 5,5—6,5) строение поверхности древнего фундамента сложное, наблюдается относительно приподнятое залегание скоростного уровня 6,0 км/с сложной конфигурации. Вероятно, на стыке этих блоков (ПК 5,5—6,5) располагается зона сочленения структур Восточно-Европейской платформы с Уральской геосинклинальной системой. По скоростному разрезу восточная граница прогиба в изучаемом районе находится на 8—10 км восточнее границы, отмечаемой по геологическим данным. Аналогичное строение осадочных отложений и поверхности фундамента прогиба было установлено на Свердловском профиле ГСЗ [2].

Западно-Уральский блок характеризуется наличием в верхней части разреза мощной (3—4 км) толщи пород с пониженными значениями $v=4,3-5,4$ км/с, четкой рефракцией на значительную мощность и увеличенной глубиной залегания поверхности древнего фундамента (7—9 км) с $v_r=6,4$ км/с. Поверхность фундамента, являющаяся четкой сейсмической границей, испытывает погружение в сторону Центрально-Уральского поднятия и разделяет две толщи, имеющих разный характер скоростного разреза. Ниже ее (на глубинах 9—12 км) намечается скоростной уровень со значениями 6,6 км/с, согласно залегающий с уровнем в 6,0 км/с. По скоростному разрезу в верхней части разреза вырисовываются две мулды: одна (между ПК 7—8) сложена преимущественно терригенными образованиями С—D мощностью до 1 км, с подчиненным значением карбонатов; вторая — (восточнее ПК 9) приурочена к тектоническому нарушению.

Центрально-Уральский блок в целом приподнят по сравнению с Западно-Уральской зоной складчатости на 2—4 км; породы характеризуются относительно повышенными значениями скорости (5,8—6,2 км/с), слабой рефракцией и сложной конфигурацией изолиний скоростного разреза. По особенностям глубинного строения блок четко подразделяется на две части. Поверхность фундамента в западной зоне находится примерно на том же уровне (7—9 км), что и в Западно-Уральской зоне складчатости.

Расположенные выше геосинклинальные отложения делятся на две толщи. В нижней — наблюдаются значения скоростей 5,6—6,2 км/с, сложное строение и увеличенная мощность (до 6—7 км). Поверхность этой толщи находится на 3—4 км выше Западно-Уральской зоны складчатости и фиксируется на глубине 2—2,5 км. На участке ПК 10,85—11,85 профиль пересекает Вижайскую положительную аномалию силы тяжести. По сейсмическим данным, на указанном участке наблюдается локальный подъем скоростного уровня 5,8 км/с до 1—2 км, увеличение скорости в западной части аномалии до 6,2 км/с на глубине 3 км и ближе к восточному краю аномалии выявлено тектоническое нарушение, достигающее поверхности древнего фундамента.

Верхняя толща характеризуется развитием с поверхности отдельных мелких тел габбро-диабазов среди кембрийских образований. Поэтому естественно предположить, что указанные особенности связаны с наличием здесь на глубине 1—2 км интрузивного массива среднего и основного состава. Увеличение скорости до 6,25 км/с в нижней толще на локальном участке (ПК 12), за пределами Вижайской аномалии, возможно, обусловлено развитием в верхней части рифея карбонатов, которые, как известно, имеют высокие значения скорости прохождения волн (свыше 6,0 км/с) и сравнительно небольшую плотность (2,7 г/см³).

Для восточной части Центрально-Уральского поднятия характерны расслоенность разреза и моноклиальная структура кембрийских и рифейских отложений с западным поднятием. Поверхность фундамента находится здесь на глубинах 4—6 км, т. е. на 3—4 км выше, чем в западной части блока; максимальный подъем наблюдается вблизи восточной границы поднятия. Среди древних толщ по волнам разного типа прослежено три-четыре отражающих горизонта (см. рис. 2). В районе ПК 14 преломляющий горизонт с $v_r=6,4$ км/с уже не отмечается, и происходит смена типа скоростного и сейсмического разрезов. Вероятно, на этом участке находится восточная граница блока, представленная зоной глубинного разлома.

Тагильский блок характеризуется приподнятым залеганием высокоскоростных пород ($v_r=5,8-6,0$ км/с), слабой рефракцией (за исключением восточной части), сложным внутренним строением, сравнительно неглубоким (4—10 км) залеганием пород с $v_{пл}=6,6$ км/с, значительной дифференцированностью разреза (выделяется четыре зоны), отсутствием четкой выразительности волн от фундамента прогиба. Положение

преломляющей границы с $v_r=6,4$ км/с в восточной зоне совпадает со скоростным уровнем 6,4—6,6 км/с (см. рис. 2, а), т. е. поведение изолиний с $v_{пл}=6,4-6,6$ км/с может характеризовать положение основания Тагильско-Магнитогорского прогиба, сложенного здесь породами преимущественно основного состава. В западной зоне (район ПК 15) судя по изолиниям 6,4—6,6 км/с, находится поднятие, аналогичное поднятию, отмеченному в восточной зоне (ПК 18) на участке, где расположено Красноуральское месторождение меди. По данным Н. И. Халевина [7], близкие по характеру поднятия опорного сейсмического горизонта установлены также в районах известных месторождений меди на Южном Урале. Следовательно, западная зона может оказаться перспективной в отношении поисков меди. Отражающие горизонты в верхней части разреза здесь имеют слабый наклон на восток, а по нижнему горизонту намечается поднятие в районе ПК 15.

В соседней к востоку зоне (ПК 15,5—16,7) четко устанавливается подъем высокоскоростных пород (со скоростью 6,2—6,3 км/с), выходящих на дневную поверхность в районе ПК 16 на участке шириной 6,5 км. Весь интервал разреза до 7—8 км занят породами с такими скоростями. По геологическим данным профиль пересекает габброиды Платиноносного пояса Урала (Арбатский массив). Вероятная мощность массива до 6—7 км. Судя по наличию отражающих границ, строение массива неоднородно; западный борт его, возможно, нарушен. К востоку от массива в осевой зоне Тагильского блока (район ПК 17) намечается осложнение скоростного разреза, которое, возможно, связано с тектоническим нарушением, показанным на сейсмическом разрезе, или с локальным подъемом высокоскоростных пород. В целом осевая зона характеризуется наличием в верхней части разреза пород с $v=5,4-6,0$ км/с и мощностью до 2 км, имеющих слабый наклон отражающих площадок на восток; более глубокие горизонты залегают субгоризонтально. Сверхглубокая скважина должна быть заложена в 4—5 км к востоку от ПК 17 (несколько восточнее г. Верхняя Тура). Породы со скоростью 6,6 км/с находятся здесь на глубине 6—8 км. В восточной зоне (ПК 17,8—19,5) намечается на обоих разрезах поднятие в верхней толще, отвечающее плагиогранит-диоритовому массиву.

На стыке двух блоков — Тагильского и Салдинского — расположена Серовско-Мауская зона глубинного разлома, представленная с поверхности преимущественно ультрабазитами (серпентинитами) и базитами. Судя по полученным данным, уровень серпентинизации резко уменьшается с глубиной на 1,0—1,5 км, так как уже на глубине 2 км скорость достигает значений 6,3—6,5 км/с. Зона неоднородна по строению, имеет ширину до 7—8 км и падение, близкое к вертикальному.

Салдинский блок, занимающий западную половину Восточно-Уральского поднятия, сложен породами, имеющими большие значения скоростей, за исключением локального участка к западу от ПК 21, где верхняя часть разреза представлена породами с $v=5,9-6,2$ км/с, а уже на глубине 2—5 км скорость составляет 6,4—6,6 км/с. В гравитационном поле блок проявляется положительной аномалией, т. е. в его строении преобладают породы повышенной основности. На большей части Салдинского блока верхняя толща мощностью до 2 км со значениями скорости 5,4—6,0 км/с отсутствует. Медведовско-Свердловскому мегасинклинию соответствует скоростная ступень (ПК 23,8).

Коневско-Гаевский блок имеет следующие особенности: выдержанные значения скорости в верхней толще (5,6—5,9 км/с), спокойный характер изолиний скоростного разреза (исключением является небольшой участок к востоку от ПК 25), скоростной уровень в 6,4 км/с отмечается на глубине 5—6 км, преобладание отрицательных аномалий гравитационного поля. Все эти признаки обусловлены развитием в этой части Восточно-Уральского поднятия гранитоидов, восточную границу которых, по нашим данным, следует перенести восточнее предполагаемой геологической границы на 8—10 км. Массив гранитоидов делится на две части, между которыми расположена указанная выше аномальная зона (к востоку от ПК 25).

Восточно-Уральский блок характеризуется четкой слоистостью, значительной рефракцией пород и малыми значениями скорости прохождения волн в верхней толще, наличием преломляющей границы со значениями $v_r=6,7$ км/с, которое вероятно соответствует древнему фундаменту, спокойным поведением изолиний скоростного разреза и их подъемом к востоку в сторону Зауральского поднятия. По крайнему склудным геологическим данным из-за развития в верхней части блока мощных (100—250 м) покровных отложений мезо-кайнозой палеозой представлен терригенно-карбонатными осадками карбона с отдельными локальными зонами развития эффузивов основного состава. Согласно полученным материалам эти отложения развиты практически повсеместно; они характеризуются скоростями 4,2—5,2 км/с и мощностью около 1,5 км. Их подошва четко фиксируется на скоростном разрезе по смене вертикального градиента скорости на уровне изолинии 5,6 км/с. На двух участках (к западу от ПК 28 и к востоку от ПК 29) в верхней толще преимущественно развиты основные эффузивы. Поверхность древнего фундамента располагается на глубине 7—8 км.

Результаты рассмотренных исследований позволяют сделать следующие выводы. 1. Методика дискретных профильных сейсмических наблюдений станциями «Поиск» и СМП-48 с многократным перекрытием интервалов наблюдений оказалась

эффективной при изучении строения верхней части земной коры Среднего Урала и прилегающих территорий. Полученные данные сопоставимы с материалами ГСЗ и КМПВ по Свердловскому и Асбестовскому профилям.

2. Применение низкочастотной сейсмической аппаратуры «Черепаша» дало возможность изучить волновое поле в относительно низкочастотном диапазоне и как следствие, — более уверенно выделить опорные отражающие горизонты.

3. Установлены основные черты строения верхней части земной коры изученной территории: слоисто-блоковый характер, зоны разломов, скоростные характеристики и т. д. Ряд выявленных элементов коррелируется с имеющимися геологическими данными, другие же нуждаются в структурно-тектоническом объяснении.

4. Полученный высокоинформативный материал может быть использован при выборе места заложения сверхглубокой скважины на Среднем Урале, а также при рекомендации рационального комплекса геофизических исследований и глубинного структурного бурения (до 4—6 км). Геофизические работы и бурение глубоких структурных скважин должны быть опережающими.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондарев В. И. Способ определения скоростного разреза по годографу рефрагированной волны в случае вертикального градиента скорости. — Вопросы развед. геофизики, 1975, вып. 107, с. 51—55.
2. Дружинин В. С., Рыбалка В. М., Соболев И. Д. Связь тектоники и магматизма с глубинным строением Среднего Урала по данным ГСЗ. М., Недра, 1976.
3. Мишенькина З. Р. Интерпретация данных рефрагированных волн при наличии вертикального и горизонтального градиентов скорости. — Изв. АН СССР. Физика Земли, 1967, № 4, с. 84—91.
4. Особенности строения земной коры Среднего Урала (по сейсмическим данным) / В. Б. Соколов, Е. И. Козырев, В. М. Рыбалка, Л. Н. Чудакова. — Докл. АН СССР, 1974, т. 215, № 5, с. 1202—1205.
5. Пузырев Н. Н., Крылов С. В., Мишенькин Б. П. Методика рекогносцировочных глубинных сейсмических исследований. Свердловск, Наука, 1975.
6. Пузырев Н. Н., Мишенькина З. Р. Приближенные способы интерпретации годографов рефрагированных волн. — В кн.: Методика сейсмических исследований. М., Наука, 1969, с. 5—26.
7. Халевин Н. И. Сейсмология взрывов на Урале. М., Наука, 1975.

УДК 551.761 : 551.3.051 : 561(470.13)

Е. Д. МОРАХОВСКАЯ, С. Н. ХРАМОВА (ВНИГРИ)

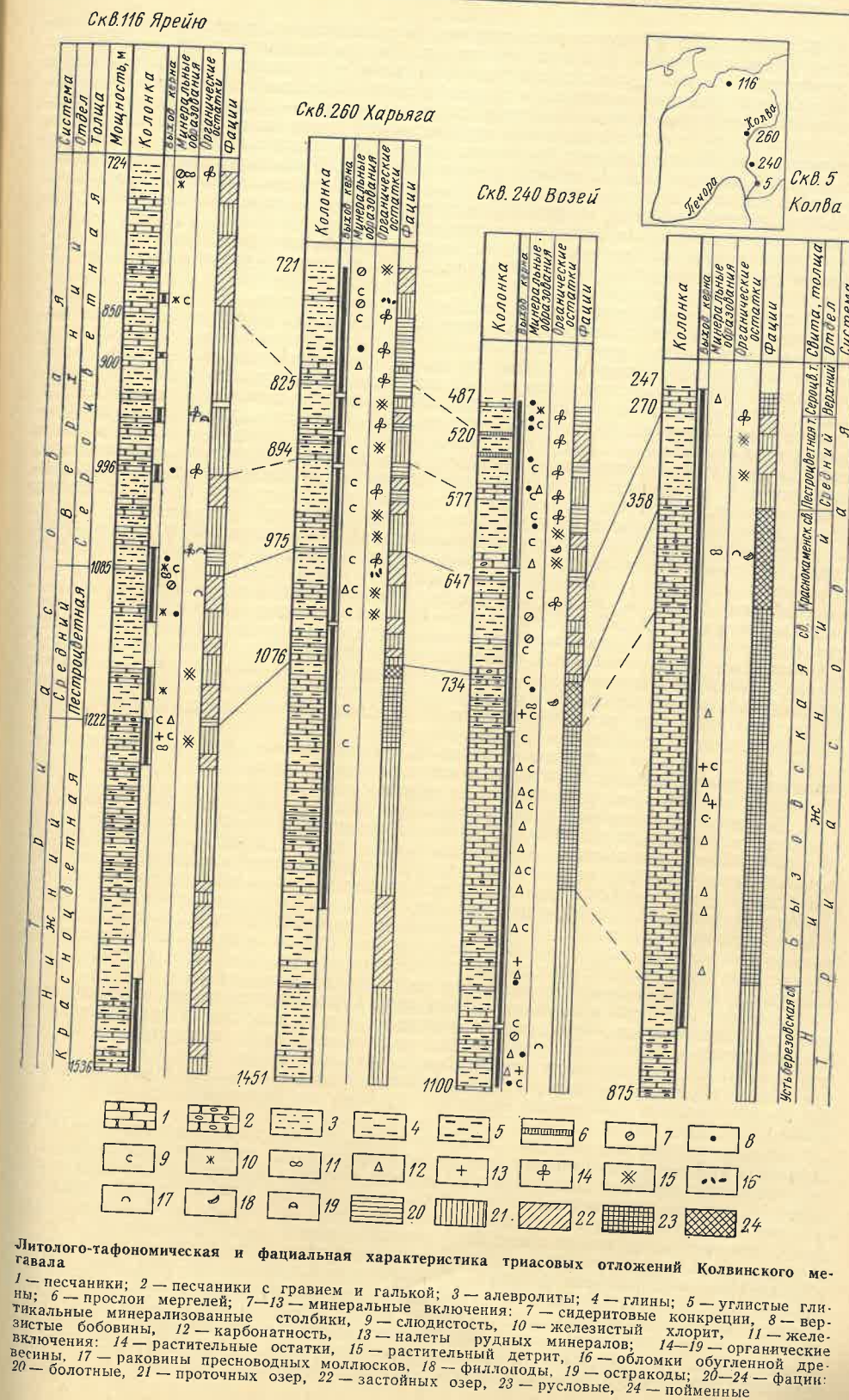
Условия формирования триасовых отложений Колвинского мегавала (Печорская синеклиза)

В настоящей статье по данным бурения на Усинской, Воейской, Харьягинской и Ярейской структурах проведено детальное расчленение триасовых отложений Колвинского мегавала и рассмотрены условия их образования. Выполненные авторами палеогеографические реконструкции основаны на комплексном исследовании литолого-минералогических, структурных и текстурных особенностей пород, анализе мощностей, распределения и степени сохранности органических остатков. Растительные остатки изучались С. Н. Храмовой.

Триасовые отложения Колвинского мегавала залегают на терригенных образованиях верхней перми и несогласно перекрываются ниже?-среднеюрской толщей песков. Разрез триаса, в котором выделяются все три отдела, представлен алевритами, глинами и песчаниками, переслаивающимися между собой. Присутствие листовой флоры, пресноводной фауны пелеципод, конхострак и остракод указывает на континентальный режим осадконакопления.

Нижний триас Колвинского мегавала имеет неодинаковое строение, поскольку в это время условия накопления осадков на юге и на севере были различными. Разрезы южных структур (Усинской и Воейской) близки к таковым Большесынинской впадины Предуралья, а северных (Харьягинской и Ярейской) типично платформенные (рисунки). В среднем и позднем триасе на всей территории Колвинского мегавала условия осадконакопления были сходными, что отражено в характере мощностей.

Мощность нижнетриасовых отложений закономерно уменьшается к северу от 527 (скв. 5 Колва) до 314 м (скв. 116 Ярейю), а средне- и верхнетриасовых — увеличивается в этом направлении. Таким образом, мощность всей толщи возрастает к северу от 632 (скв. 5 Колва) до 836 м (скв. 116 Ярейю).



В южной части Колвинского мегавала в разрезе нижнего триаса по литогенетическим признакам можно выделить три толщи. Первая (нижняя) толща — ритмичное переслаивание мелко- и среднезернистых зеленовато- и буровато-серых песчаников и алевролитов с красно-коричневыми и серыми глинами. В нижней части каждого ритма слоистость песчаников преимущественно косая, в верхней — косая и горизонтальная. Слоистость подчеркивается скоплением слюдястых и рудных минералов по плоскостям напластования. В косослоистых разностях отмечаются окатыши глин и аргиллитов, стяжения и прослои крепких известковых разностей. Устанавливаются постепенные переходы от глин к алевролитам и мелкозернистым песчаникам. Глины в основном оскольчатые, иногда тонко- и линзовиднослоистые, что связано с линзовидными скоплениями алевроитового и песчаного материала.

Органические остатки крайне редки, лишь в разрезе скв. 240 Возей найдена раковина пресноводного моллюска. Мощность нижней толщи увеличивается от 123 (скв. 1 Уса) до 171 м (скв. 240 Возей).

Вторая (средняя) толща представлена зеленовато-серыми и буровато-зелеными песчаниками, преимущественно разнозернистыми. Вверх по разрезу сортированность материала улучшается, песчаники становятся мелко-среднезернистыми. Для разнозернистых песчаников характерна косая слоистость, для мелкозернистых — тонкая горизонтальная. Смена гранулометрического состава, чередование участков со скоплениями слюды, зерен рудных минералов и без них обуславливают слоистость породы. Периодически отмечаются обилие округлой уплощенной гальки аргиллитов красно-коричневого и серовато-зеленого цвета, неокатанные обломки этих пород. Для толщи в целом типичны прослои и линзы караваяобразной формы мелкозернистых известковых песчаников. В ее верхней части появляется гравийный и галечный материал, состоящий из кварца и кремня. Органических остатков не обнаружено. Мощность толщи уменьшается от 318 (скв. 5 Колва) до 149 м (скв. 240 Возей).

Третья (верхняя) толща сложена красновато-коричневыми и зеленовато-голубыми глинами с прослоями зеленых, реже буроватых, песчаников и алевролитов, мощность которых сокращается к северу. В ее нижней части песчаники разнозернистые, с гравием и галькой кварца, кремня, окатышами красновато-коричневых и зеленовато-серых аргиллитов (глин). Этим песчаникам свойственна преимущественно горизонтальная слоистость, подчеркиваемая растительным детритом, крупными чешуйками слюды и присыпками рудных минералов. Красновато-коричневые глины неравномерно алевроитистые, неслоистые, перемятые, с зернами скопления и включениями железистых бобовин, зеленовато-голубые, обычно слоистые. В них встречаются конхостраки и единичные неопределимые раковины моллюсков. Мощность толщи уменьшается к северу от 86 (скв. 1 Уса) до 40 м (скв. 240 Возей).

В северной части Колвинского мегавала нижнетриасовая толща состоит из переслаивания красно-коричневых глин с зеленовато-серыми песчаниками и алевролитами. Мощность отдельных пачек песчаников не превышает 20 м.

Песчаники двух нижних толщ граувакковые (по В. А. Шутову), в третьей толще присутствуют кварц-граувакковые разности, в которых количество обломков достигает 27%. Сортированность и окатанность обломочного материала слабая. Представлены обломки (60—70% породы) эффузивами кислого, среднего и основного состава, глинистыми и метаморфическими породами, зернами полевых шпатов, кварца, слюды, хлорита, минералов группы эпидот-цоизита. Такой состав выдерживается по всему разрезу мегавала, не испытывая количественных изменений. В отдельных пластах повышено содержание слюды, хлорита, эпидот-цоизита, рудных минералов. Цемент песчаников хлоритовый, реже слюдястый и глинисто-хлоритовый, участками вторичный карбонатный. Тип цементации поровый, пленочный, иногда базальный.

Данные иммерсионного анализа тяжелой фракции песчаников и алевролитов свидетельствуют о том, что присутствующие в них группы минералов-индикаторов, с одной стороны, фиксируют удаленность от источника сноса, с другой — позволяют коррелировать разрезы между собой. Весьма важным показателем близости источника сноса служат минералы группы амфиболов, отмечаемые в заметных количествах (до 5—6%) лишь в разрезе скв. 5 Колва. К северу от Усинской площади их содержание ничтожно.

Выразительную картину дает распределение другой группы малоустойчивых минералов — группы эпидот-цоизита — основного коррелятива триасовых отложений. Изменение их процентного содержания по разрезу мегавала в виде зон свидетельствует о неравномерном поступлении обломочного материала в течение раннего триаса и о едином источнике сноса, а по простиранию — о том, что вынос материала происходил с юго-востока на северо-запад. Импульсный характер сноса фиксируется в значительных колебаниях процентного содержания минералов группы эпидот-цоизита. Так, в нижней части разреза скв. 5 Колва оно колеблется в пределах 41—88%, скв. 240 Возей 42—93%, а скв. 260 Харьга 61—86%. Выше устанавливается зона стабильного обогащения эпидот-цоизитом: соответственно 74—83, 78—97 и 79—84%. В верхней части этих же разрезов количество минералов группы эпидот-цоизита резко уменьшается, а затем вновь увеличивается. Минимальное их содержание в районе Усинской структуры 38%, Возейской 31%, Харьгинской 1%, Ярейской 0,5%.

Группа титанистых (лейкоксен+анатаз+рутил+титанистые трудноопределимые) и группа устойчивых (гранат+турмалин) минералов не так четко отражают зоны, выделенные по минералам группы эпидот-цоизита, но и не противоречат этому. Анализ мощностей, вещественного состава, текстурных и структурных особенностей вышеописанных пород позволяет восстановить условия формирования нижнетриасовых осадков.

Ритмичное переслаивание в раннем триасе мелко-среднезернистых и косо-горизонтально-слоистых песчаников, алевролитов с тонко- и линзовиднослоистыми глинами, вероятно, соответствует фациям пойм и озер пойменного типа. Такая обстановка сохранялась в течение почти всего раннего триаса в северной части Колвинского мегавала. В южной его части уже в первую половину этого времени фации пойменных озер сменялись русловыми, о чем свидетельствует накопление мощной толщи косо- и линзовиднослоистых разнозернистых песчаников с прослоями, обогащенными мелкими обломками и окатышами аргиллитов, галькой кремня и кварца. Гранулометрический состав, степень окатанности и отсортированности материала указывают на то, что накопление происходило в динамически активной водной среде. В южной части Колвинского мегавала вверх по разрезу русловые фации вновь сменяются фациями озер и пойм.

Среднетриасовые отложения на рассматриваемой территории представлены переслаиванием ярких пестроокрашенных глин с зеленовато-серыми, серыми и темно-серыми разностями. Песчаники и алевролиты встречаются спорадически, мощность их прослоев не более 10 м. Пестроцветные глины в нижней части разреза среднего триаса образуют пачки мощностью до 5 м, в верхней до 1—2 м. Мощность (и количество) прослоев серых глин увеличивается вверх по разрезу от 0,1 до 1,5 м. Глины преимущественно неравномерно алевроитистые, иногда тонкоотмученные, неслоистые, брекчиевидные, с зернами скопления, нечеткогоризонтально- и линзовиднослоистые. Слоистость подчеркивается спорадическим распределением глинисто-алевроитового материала, слюды и растительного детрита. Характерно присутствие сферолитов сидерита, реже железистых бобовин. В целом мощность среднетриасовых отложений изменяется к северу от 82 (скв. 5 Колва) до 139 м (скв. 116 Ярейю).

Песчаники среднего триаса кварц-граувакковые. Содержание в них обломков кварца достигает 39%, полевых шпатов — не превышает 10%. Отсортированность и окатанность обломочного материала хорошие. В кластическом материале зерен минералов больше, чем обломков пород, главным образом метаморфических и кислых эффузивных. Обломки основных и средних эффузивов присутствуют в подчиненном количестве и, по-видимому, в значительной мере хлоритизированы, составляя вместе с хлоритизированным биотитом высокий процент обломков хлорита (до 30% в разрезах скважин 260 Харьга и 116 Ярейю). В некоторых слоях песчаников много обломков глинистых пород (до 20%, скв. 240 Возей) и биотита (до 18%, скв. 5 Колва). Цемент песчаников глинистый, гидрослюдисто-глинистый, хлоритово-глинистый, реже хлоритовый и карбонатный. Тип цементации поровый и пленочный.

Минеральный состав песчаников и алевролитов, по данным иммерсионного анализа тяжелой фракции, свидетельствует о том, что в породах среднего триаса по сравнению с нижележащими уменьшается процентное содержание минералов группы эпидот-цоизита, причем это наблюдается и вдоль Колвинского мегавала с юга на север (от 10—40% в разрезе скв. 5 Колва до 1—5% в разрезе скв. 116 Ярейю). Содержание группы титанистых и группы устойчивых минералов, наоборот, возрастает в том же направлении (титанистых минералов от 17—25% в разрезах скважин 5 Колва и 240 Возей до 40% в разрезах скважин 260 Харьга и 116 Ярейю; группы устойчивых минералов — соответственно от 15—16% до 17—20%).

Глины каолинистые с примесью хлорита и монтмориллонита. В разрезе скв. 116 Ярейю в них содержится 48—75% каолинита. Органические остатки крайне редки. В интервале 1093,5—1104,1 м найдена раковина неопределимого моллюска. Растительные остатки присутствуют в верхней части толщи, где увеличивается количество сероцветных прослоев. В разрезе скв. 240 Возей в интервале 664—668 м в глинистых неяснослоистых алевролитах нами найдены *Danaeopsis* sp., *Scytophyllum kolvaensis* Chram., *S. nerviconfluens* (Brick) Dobr., *Sagenopteris* sp., представленные как фрагментарными отпечатками и фитолеймами, так и крупными фитолеймами (размером в диаметр зерна). Последние слабо обуглены, в проходящем свете можно наблюдать жилкование листа. В разрезе скв. 261 Харьга в интервале 1134—1198 м в неяснослоистых глинистых алевролитах встречаются отпечатки неопределимых мелколистных папоротников, обрывки фитолейм гинкговых, растительный детрит и обломки обугленной древесины. В разрезе скв. 264 Харьга на глубине 1200 м на неровной поверхности тонкоотмученной глины обнаружен деформированный отпечаток крупного листа папоротника *Danaeopsis marantacea* (Presl.) Neeg. Кроме того, в глинах имеются отпечатки стеблей хвощевых, вертикальные сидеритизированные столбики и цилиндрические пустоты, заполненные песчаным материалом. По-видимому, они представляют собой псевдоморфозы по остаткам корней и стеблей водных растений.

Таким образом, преимущественно глинистый состав пород среднего триаса, присутствие нечеткогоризонтально- и линзовиднослоистых разностей, находки раковин пресноводных пелеципод свидетельствуют об озерном режиме осадконакопления. Та-

фономические наблюдения над растительными остатками дают возможность предполагать, что хорошо сохранившиеся отпечатки и крупные, слабо обугленные фитолеймы, приуроченные к неслоистым разностям, захоронялись в озерах с застойными или слабопроточными водами. Фрагментарные и плохоопределимые остатки растений, растительный детрит и обломки обугленной древесины, вероятно, скапливались в озерных водоемах с более ощутимым течением, т. е. в проточных озерах. Вместе с тем отложения среднего триаса имеют специфические особенности, которые позволяют выделить их из триасовой толщи. Чередование пестроокрашенных и серых глин, присутствие конкреций и сферолитов сидерита, железистых бобовин, прожилков и включений железистого хлорита указывают на частую смену окислительной и восстановительной обстановок, что, в свою очередь, связано с проявлением вертикальных колебательных движений в бассейне седиментации.

Верхнетриасовые образования представлены мощной сероцветной толщей ритмичного переслаивания песчаников, алевролитов, глин и углистых глин с многочисленными растительными остатками и пресноводной фауной. В ней выявлены три ритма, выражающиеся определенной последовательностью пород (от песчаников к алевролиново-глинистым пачкам и углистым глинам), иногда отдельные части ритмов отсутствуют. Максимальная мощность ритма 140 м. Начальный элемент каждого ритма сложен пачкой серых и зеленовато-серых песчаников (мощностью 2—15 м), в основном мелкозернистых слюдястых, горизонтально-слоистых, редко косослоистых. Обилие растительного детрита и крупных чешуй слюды, концентрирующихся по плоскостям напластования, подчеркивает слоистость.

Выше по разрезу песчаники переходят в пачку переслаивания глин серых, реже буровато-серых, с зеленовато-серыми и серыми алевролитами. Глины преимущественно неслоистые оскольчатые, брекчированные, иногда сильно перемятые, с зеркалами скопления, прожилками и включениями железистого хлорита, обилием сидеритовых конкреций. Встречаются также и глины с линзовидно-волнистой слоистостью, обусловленной наличием линзовидных прослоек и присыпок алевролитового и песчаного материала. Четкая горизонтальная слоистость характерна для глин, содержащих обильную слюду и углистый материал. Мощность глинистых прослоев колеблется от 1—2 мм до 3—5 м. В некоторых разрезах (скв. 240 Возей) в верхах толщи отмечаются прослой мергеля мощностью до 0,3 м. Общая мощность верхнетриасовой толщи изменяется от 23 (скв. 5 Колва) до 359 м (скв. 116 Ярейю).

Песчаники верхнего триаса полевошпатово-кварцевые граувакковые, очень редки граувакки и кварцевые граувакки. Содержание кварца достигает 27% (обычно до 20%), полевых шпатов 12—13% от кlastической части породы. Сортированность и окатанность обломочного материала средняя. Процентное содержание обломков пород больше, чем обломков минералов. Заметную роль вновь приобретают основные и средние эффузивы. Минералы группы эпидот-цоизита, встречающиеся в шлифах из более низких частей разреза, здесь отсутствуют. Цемент песчаников и алевролитов хлоритовый, хлоритово-глинистый и слюдясто-хлоритово-глинистый; тип цементации пленочный и поровый.

Минеральный состав тяжелой фракции песчаников и алевролитов указывает на нестабильную обстановку седиментации. Отмечаются широкие колебания процентных содержаний выделенных групп минералов. Однако тенденция к уменьшению процентного содержания минералов группы эпидот-цоизита и увеличению доли титанистых и устойчивых минералов к северу сохраняется (соответственно до 67, 10, 5% — скв. 5 Колва и до 33, 43, 31% — скв. 260 Харьга). Глины верхнего триаса полиминеральные, во фракции менее 0,001 мм в равных соотношениях присутствуют хлорит, монтмориллонит, гидрослюда и каолинит.

Верхнетриасовые отложения наиболее богаты органическими остатками. К ним приурочены основные находки листовой флоры в изученном районе. Кроме того, отсюда известны единичные конхостраки, остракоды и раковины пресноводных моллюсков (определения В. С. Заспеловой, Г. Ф. Шнейдер, Ч. М. Колесникова).

В скв. 240 Возей растительные остатки встречены по всему разрезу верхнего триаса. В интервале 586—590 м в неслоистых глинистых алевролитах сохранились лишь обрывки фитолейм, среди которых методом кутикулярно-эпидермального анализа удалось определить представителей семенных папоротников *Scytophyllum kolvaensis* Chram. и обрывки каких-то гинкговых. В интервале 519—521 м растительные остатки наблюдаются в прослое тонкоотмученных неслоистых глин, где представлены отпечатками и фрагментарными фитолеймами, располагающимися на неровных поверхностях скола. Среди них определены: *Todites goeppertianus* (Münster) Krasser, *Scytophyllum geniculatum* Chram., *S. sorokini* Chram., *Antevsia kolvaensis* Chram.

В разрезе скв. 261 Харьга (интервал 1107—1087,9 м) в прослойках аргиллитоподобной темно-серой тонкоотмученной неслоистой глины обнаружены многочисленные перемятые обрывки фитолейм, располагающиеся беспорядочно на неровных поверхностях скола. Изучение дисперсных кутикул позволило установить в составе этого тафоценоза птеридоспермы и гинкговые. Здесь же имеются отпечатки папоротников, хвощевых, растительный детрит и мелкие обломки обугленной древесины. В том же разрезе в интервале 816—844 м в тонкоотмученных неслоистых серых глинах сохранились

остатки растений с цельными, крупными, размером в диаметр керна фитолеймами семенных папоротников *Scytophyllum sectum* Chram. и *S. aff. apoldense* (Compter) Chram. и *Glossophyllum* sp. В кернах скв. 260 Харьга (интервал 773,9—782,7 м) в слоистой углистой глине встречен *Scytophyllum geniculatum* Chram.

В разрезе скв. 117 Ярейю (интервал 1060—1070 м) в алевролитистой глине с обломочной структурой, где обломки сцементированы карбонатным материалом с включениями гагатовидного угля, обнаружена раздавленная раковина пресноводного моллюска, вероятно, сем. *Pseudocardiniidae*. Порода переполнена обрывками обугленных фитолейм, а в прослое тонкослоистой алевролитовой глины найден отпечаток крупного листа *Doratophyllum* sp. В интервале 991—1000,3 м определены: *Todites orbiculatus* Chram. et Pavlov и *Doratophyllum* cf. *multinervis* Chram.; обнаружены также стебли хвощевых и отпечатки мелких семян. Порода пронизана вертикальными столбиками диаметром до 1 см, заполненными более светлым песчаным материалом и образовавшимися, вероятно, в результате замещения стеблей хвощевых. В интервале 939—948 м в тонкоотмученной и слабоалевролитистой сидеритизированной глине имеются крупные отпечатки с фитолеймами листьев *Sagenopteris*, расположенные на неровных поверхностях скола; отпечатки листьев и стеблей хвощевых. Вместе с растительными остатками здесь найдены раковинки остракод и обломки проблематичной фауны.

Итак, литологический состав, обилие листовой флоры и находки пресноводной фауны позволяют относить верхнетриасовые отложения к озерным и озерно-болотным фациям. Постепенные переходы от мелкозернистых песчаников к глинисто-алевролитовым пачкам и углистым глинам, прослеживающиеся во всех разрезах, указывают на существование фаций проточных озер, сменяющихся во времени фациями застойных водоемов, а затем болот. Ритмичное строение верхнетриасовой толщи обусловлено многократным повторением этих фаций. Частые фациальные замещения наблюдаются не только по разрезу, но и по простиранию Колвинского мегавала, что затрудняет разработку детальной стратиграфии региона и сопоставление даже близко расположенных разрезов. Поэтому при увязке интервалов с различным литологическим составом пород большую роль играют данные изучения листовой флоры и дисперсных кутикул. Палеоботанические исследования с применением метода кутикулярно-эпидермального анализа дают возможность проследить некоторые виды растений на значительной площади.

Тафономические наблюдения над растительными остатками показали, что один и тот же вид встречается как в виде крупных отпечатков с цельными фитолеймами, так и в виде мелких обрывков кутикул. Это объясняется главным образом нахождением остатков в различных литологических разностях пород, указывая на захоронение их в неодинаковых фациальных условиях. Поэтому по растительным остаткам можно контролировать корреляцию разнофациальных толщ. Фаунистические находки в верхнетриасовых отложениях изученного района крайне редки. Впервые найденные нами здесь раковинки остракод рода *Darwinula* (разрезы скважин 117 Ярейю, интервал 939—948 м и 135 Кумжа, интервал 875,4—879,4 м) приурочены к близким стратиграфическим уровням.

Рассмотренные особенности литологического и фациального состава триасовых отложений Колвинского мегавала позволяют кратко охарактеризовать палеогеографию района в триасовое время. В начале раннетриасового времени эта территория представляла собой низменную равнину с широко развитой системой слабо изолированных друг от друга проточных озер. Гранулометрический и минеральный состав пород данного возраста свидетельствует о недостаточно равномерном поступлении материала. Активизация в зоне размыта периодически сменялась спокойным осадконакоплением, выразившимся в формировании глинистых пачек.

Периодичность условий осадконакопления фиксируется в колебании содержаний минералов группы эпидот-цоизита в породах нижней толщи при их общем высоком фоне. В первой половине раннего триаса южная часть Колвинского мегавала входила в область опускания, непосредственно связанную с Большесытинской впадиной. Подъем Палеоурала способствовал обильному сносу обломочного материала в эту область разветвленной сетью динамически активных водных потоков. В результате накапливалась мощная толща разнозернистых песчаников с гравием и галькой кремнистых пород и кварца. Присутствие в разрезе окатышей глин обусловлено незначительными местными размытиями толщ.

Гранулометрический состав, степень отсортированности материала и его окатанность указывают на высокую динамическую активность водной среды, а характер слоистости, распределение в разрезе слюдястых и рудных минералов — на принадлежность осадков к русловой фации. С юга на север вдоль Колвинского мегавала их гранулометрический и минеральный состав меняется. При сохранении той же среды осадконакопления происходит некоторое ослабление динамической активности вод. Мощная толща песчаников исчезает, появляются линзы и прослой глины, количество и мощность которых увеличиваются к северу. Все это свидетельствует о том, что в раннем

триасе в северной части Колвинского мегавала была широко развита система пойменных и старичных озер.

Среднетриасовое время знаменовалось выравниванием рельефа Колвинского мегавала, представлявшего собой равнину с системой изолированных и проточных озер. К началу позднего триаса усилилась тенденция к погружению, проявившаяся наиболее интенсивно в северной части района. Озера проточного типа постепенно замыкались, превращаясь в изолированные водоемы, которые сменялись болотами. Такая закономерная смена фаций во времени, по-видимому, происходила неоднократно в течение всего позднего триаса.

УДК 550.842.003.1

Г. И. ХОРИН, И. Ф. МЯСНИКОВ (Геохим. эксп. ЦГТ)

Геологическая и экономическая эффективность литохимических методов поисков

Устойчивый рост затрат на поиски месторождений рудных полезных ископаемых обусловлен, с одной стороны, развитием работ в труднодоступных и экономически слабо освоенных районах, с другой — увеличением глубинности поисков. Вероятность обнаружения месторождений традиционными геологическими методами по их прямым признакам на дневной поверхности резко уменьшается с ростом изученности, особенно в старых рудных районах. Эффективность геофизических методов при поисках скрытых месторождений также невысока из-за весьма сложного характера геофизических полей, экранирующего влияния перекрывающих рыхлых или коренных пород и невозможности однозначной интерпретации выявляемых аномалий. В этих условиях решающее значение приобретают геохимические методы поисков, особенно литохимические, основанные на выявлении и анализе прямых признаков полезных ископаемых.

Эффективность литохимических поисков доказана открытием месторождений и перспективных рудопроявлений различных полезных ископаемых как у нас в стране, так и за рубежом, однако возможности их еще полностью не реализованы, а внедрение в практику геологоразведочных работ происходит крайне медленно.

Исходя из изученности территории страны литохимические методы целесообразно использовать, начиная с масштаба 1:200 000. Литохимические поиски должны опережать геологическую съемку того же масштаба или проводиться совместно с ней. Их постановка имеет смысл и на площадях, закартированных в масштабах 1:50 000—1:200 000, но без проведения геохимических съемок, в случае низкого качества последних или выявления аномалий ограниченного числа элементов. Основная цель литохимической съемки на данной стадии заключается в комплексной оценке перспектив территории, уточнении металлогенических особенностей и выделении площадей для проведения поисковых работ масштаба 1:50 000 и крупнее.

Первоочередными площадями для проведения поисковых работ масштаба 1:200 000 являются открытые территории горных районов. При этом рекомендуется литохимический метод по потокам рассеяния.

Региональные литохимические съемки по потокам рассеяния в масштабе 1:200 000 проводились на Северо-Востоке с плотностью опробования 1,2 пробы на 1 км² [1]; шаг опробования 500 м. Длина потоков рассеяния превышает 2,5 км. Поэтому в 1,5—2 км от водоразделов опробование аллювия прекращается, что сокращает протяженность маршрутов (на 45%) и повышает производительность труда. В пробу отбирается фракция менее 0,5 мм из современного русла или кос. Масса непросеянной пробы 300 г. Поисковая партия ежегодно проводит съемку на площади около 10 тыс. км² и детализирует 10—20 геохимических аномалий. В среднем около 20% изученной территории рекомендуется для проведения групповой геологической съемки масштаба 1:50 000 в первую и вторую очередь, 5—6% — для первоочередного геологического осмотра и оценки аномалий, 2% — для детальных поисков масштаба 1:10 000 и 1:25 000. Затраты на проведение 1 км² съемки, включая лабораторные работы и обработку данных, составляют 30—35 руб.

На рис. 1 приводятся результаты региональной съемки, выполненной в одном из районов Северо-Востока. Здесь четко выделяются группы геохимических аномалий, которые можно рассматривать как потенциальные рудные узлы. Кроме того, геохимические данные позволяют оценить прогнозные запасы металлов, выделить в рамках планшетов перспективную площадь для проведения групповой геологической съемки масштаба 1:50 000 и первоочередные участки для детализации.

При определении очередности изучения выделенных участков учитываются: 1) народно-хозяйственная ценность прогнозируемого полезного ископаемого; 2) ожидаемые масштабы оруденения (первоочередными считаются участки, прогнозные запасы кото-

рых оцениваются как крупные); 3) наличие установленной минерализации промышленного генетического типа; 4) другие благоприятные признаки поискового прогнозирования (геолого-структурные, магматические, минералого-геохимические и др.).

При детализации некоторых потоков рассеяния выявлены рудопроявления с промышленными концентрациями рудных элементов, рекомендуемые для дальнейшего изучения. В дополнение к материалам, полученным при геологической съемке масштаба 1:200 000, установлен новый тип оруденения. Все известные месторождения на площадях съемок зафиксированы комплексными высококонтрастными потоками рассеяния.

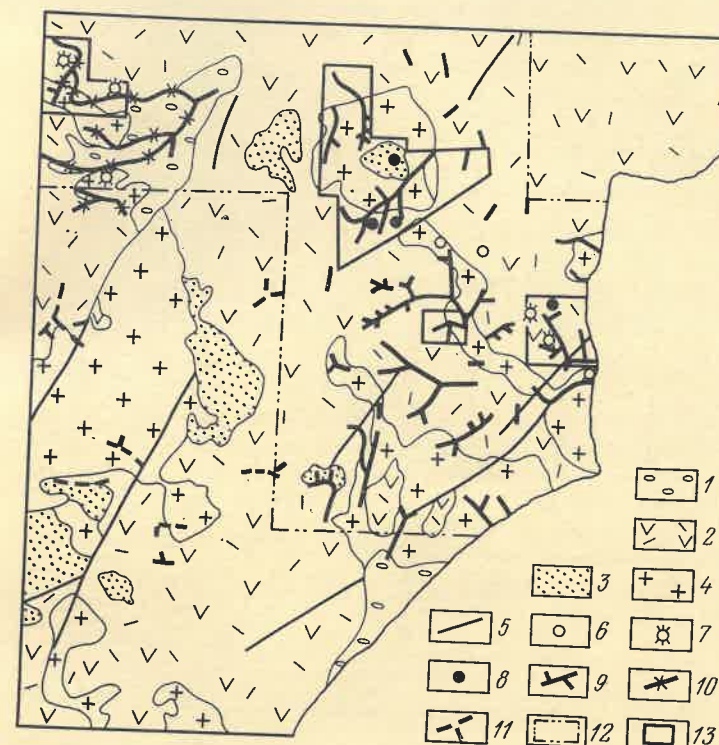


Рис. 1. Результаты региональной литохимической съемки масштаба 1:200 000 по потокам рассеяния (геологическая основа по А. Д. Силинскому)
1 — верхнечетвертичные галечники; 2 — меловые андезиты и липариты, их туфы; 3 — триасовые и юрские песчаники, глинистые сланцы, алевролиты; 4 — меловые гранитоиды; 5 — разломы; 6—7 — рудопроявления, установленные при геологической съемке масштаба 1:200 000; 8 — молибдена; 9 — рудопроявления других полезных ископаемых, выявленные при детализации потоков рассеяния; 10 — потоки рассеяния с преобладанием в них: 9 — серебра, 10 — олова; 11 — свинца и цинка; 12 — площади, выделенные для постановки групповой геологической съемки масштаба 1:50 000; 13 — участки, рекомендованные для первоочередной геологической оценки

Литохимическая съемка масштаба 1:50 000 является наиболее распространенной в практике поисков. Она выполняется на площадях, выделенных в результате работ масштаба 1:200 000, а в рудных провинциях — полностью до проведения государственной геологической съемки масштаба 1:50 000. По времени литохимические съемки этого масштаба могут быть опережающими, выполняться одновременно с геологической съемкой или после нее.

В экономически освоенных районах литохимические съемки практически закончены, но из-за низкой чувствительности спектрального анализа и небольшого числа анализируемых элементов значительные площади подлежат пересъемке. Кроме того, съемкой не охвачены участки, закрытые рыхлыми образованиями мощностью более 5—10 м.

Основная цель этих работ — выделение площадей для постановки детальных поисков и количественная оценка прогнозных запасов полезных ископаемых. Наиболее эффективным является метод поисков по вторичным ореолам рассеяния, и лишь в особых условиях (развитие густой речной сети, обеспечивающей необходимую плотность опробования, весьма трудная проходимость и т. д.) возможна его замена методом поисков по потокам рассеяния [4, 6, 8, 11, 13—18].

Многолетний опыт геохимических поисков свидетельствует о том, что промышленные месторождения, выведенные на современный уровень эрозионного среза, не могут быть пропущены при литохимических съемках этого масштаба. Кроме того, в открытых районах этими съемками частично выявляются и скрытые месторождения. По вторичным ореолам рассеяния зональность оруденения может быть оценена с использованием тех же приемов, что и по первичным ореолам [18]. Отбор проб производится по сети 500×50 м с глубины 20–30 см; анализируется фракция менее 1 мм.

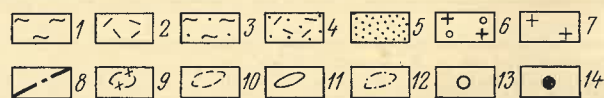
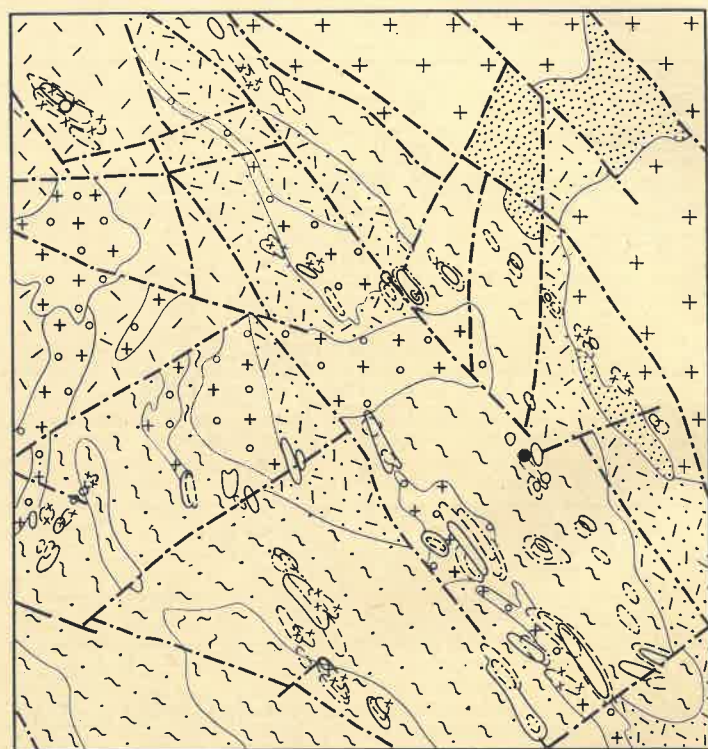


Рис. 2. Результаты литохимической съемки масштаба 1:50 000 по вторичным ореолам рассеяния 1 — алевролиты и аргиллиты верхнедевонские; 2 — лавы и туфы липаритов верхнедевонского возраста; 3 — алевролиты и песчаники среднедевонские; 4 — туфы кислого состава среднедевонские; 5 — песчаники среднедевонские; 6 — липаритовые порфиры субвулканические; 7 — граниты каменноугольного возраста; 8 — разломы; 9–12 — вторичные ореолы рассеяния: 9 — меди, 10 — цинка, 11 — свинца; 12 — серебра; 13–14 — полиметаллические рудопроявления: 13 — выявленные при геологической съемке масштаба 1:50 000, 14 — выявленные при детализации вторичных ореолов рассеяния

На рис. 2 приведены результаты литохимической съемки по вторичным ореолам рассеяния, выполненной в горно-таежном районе Рудного Алтая. Площадь характеризуется сильной залесенностью и слабой обнаженностью (менее 15%). По сумме благоприятных геологических и геохимических предпосылок здесь выделены участки перспективные на полиметаллическое, в том числе и скрытое оруденение.

Затрата на проведение 1 км² литохимической съемки масштаба 1:50 000 составляет 80–150 руб. в зависимости от природных условий. В среднем около 10% изученной площади рекомендуется для постановки детальных работ первой очереди, 15% — второй очереди. Для получения подобных результатов обычными геологическими и техническими методами требуются затраты, в 8–12 раз большие.

Особый интерес представляет проведение литохимических съемок в полузакрытых и закрытых районах с различными ландшафтно-геохимическими условиями. На таких площадях рекомендуется проведение глубинных литохимических поисков, основанных на выявлении погребенных вторичных остаточных ореолов. Однако широкое использование этого метода сдерживается значительной себестоимостью (не менее

2000 руб. на 1 км² поисков масштаба 1:50 000), трудоемкостью работ и недостатком соответствующей буровой техники.

Площадные наземные литохимические съемки с целью поисков погребенных месторождений впервые были проведены в 1974 г. в Рубцовском районе Рудного Алтая [10]. Здесь выявлены вторичные наложенные ореолы рассеяния над полиметаллическими месторождениями, погребенными под рыхлыми отложениями мощностью 50–100 м. В настоящее время съемки проведены на площади 1000 км². Отбор проб производится с глубины 25–30 см по сети 500×50 или 200×50 м (рис. 3).

Установлено, что все известные месторождения и рудопроявления отмечаются вторичными ореолами рассеяния. Для более надежного выделения ореолов путем увеличения их контрастности разработаны специальные программы для ЭВМ [16]. На

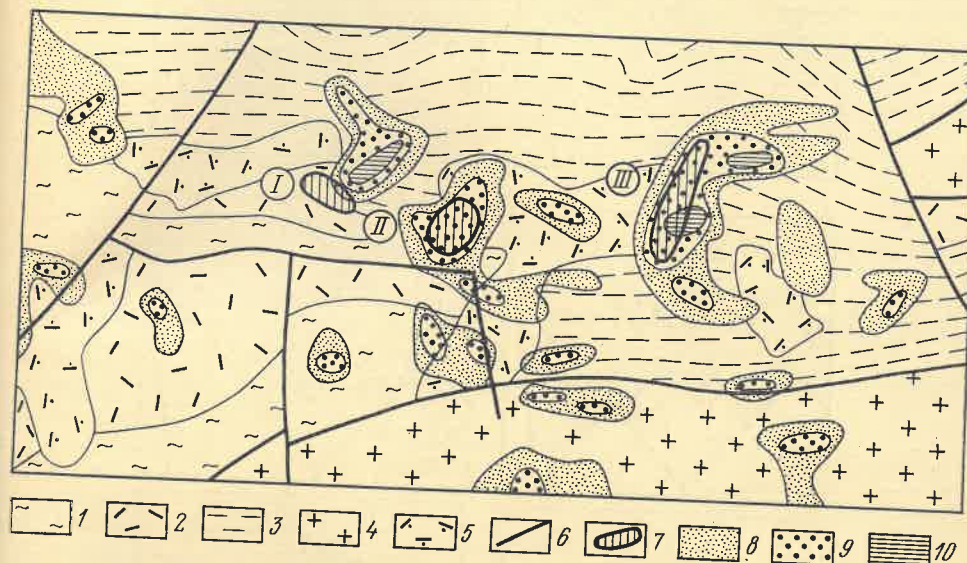


Рис. 3. Вторичные наложенные ореолы рассеяния на закрытой площади 1 — алевролиты, песчаники; 2 — лавы, туфы, туфопесчаники; 3 — известковистые алевролиты, лавы, туфы кислого и основного состава; 4 — граниты; 5 — субвулканические липариты; 6 — разломы; 7 — проекция рудной зоны: 1 — Северо-Восточного рудопроявления, 11 — Таловского месторождения, 111 — Степного месторождения; 8–10 — мультипликативные аномалии Pb-Cu-Zn-Ag-Ba (усл. ед.): 8–5–6, 9–6–8, 10 — >8

изученной площади с поверхности выявлены также гипергенные аномалии, природа которых не установлена. Доказана пространственная связь некоторых аномалий со вторичными остаточными ореолами рассеяния, реже с оруденением в коренных породах. Такие аномалии ждут оценки буровыми работами.

Основная цель данных исследований — выделение площадей для проведения глубинных геохимических поисков. Как правило, эти работы сопровождаются геофизическими исследованиями (МПП, ВЭЗ, магниторазведка и др.). Для определения содержания элементов в пробах применяются спектральный анализ и различные высокочувствительные методы (для легкоподвижных мышьяка, сурьмы, ртути и иода). При наличии интенсивного водообмена (речные долины, заболоченные участки), а также при поисках погребенного оруденения представительный горизонт опробования находится на некоторой глубине. В этом случае для выявления вторичных наложенных ореолов рассеяния требуется применение технических средств — буровых станков шнекового типа и др.

Затраты на опоскование 1 км² площади с применением описанного комплекса составляют 100–200 руб. Проведение подобных работ в сходных условиях с помощью поискового бурения обходится в 100–150 раз дороже. В результате наземных литохимических съемок в закрытых районах около 20% изученной площади рекомендуется для постановки глубинных поисков.

Изложенный материал свидетельствует о том, что все основные задачи поисковых работ масштаба 1:50 000 достаточно надежно решаются геохимическими методами исследований.

Литохимические съемки масштаба 1:10 000 выполняются на участках, выделенных в результате поисков масштаба 1:50 000, или на флангах известных месторождений, рудопроявлений и рудных зон. Основная задача этих работ — установление рудопроявлений, определение их параметров, оценка прогнозных запасов и обоснова-

ние постановки на объекте поисково-оценочных работ. В зависимости от условий поиски выполняются по вторичным ореолам рассеяния, наземным или глубинным, а при хорошей обнаженности — по первичным ореолам [4—8, 11—13, 15—17]. Как правило, эти исследования сопровождаются горными и буровыми работами, а также

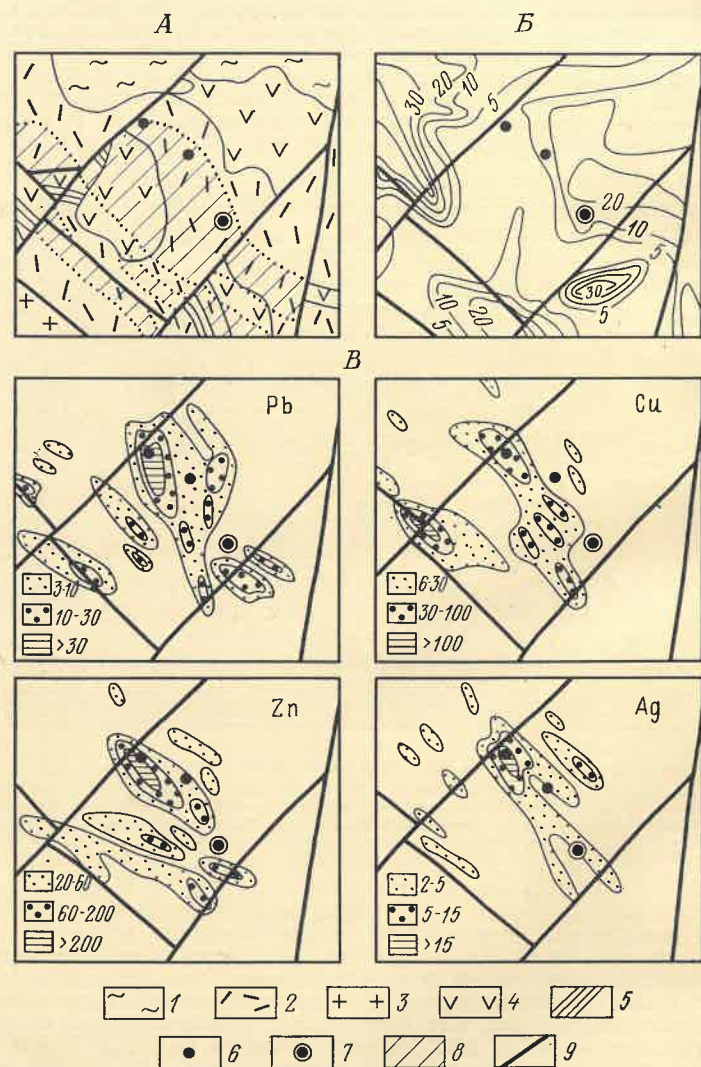


Рис. 4. Результаты детальной литохимической съемки

А — геологическая карта; Б — карта изомощностей рыхлых образований; В — вторичные ореолы рассеяния и максимальные содержания в них элементов ($n=10-3\%$). 1 — алевриты верхнедевонские; 2 — лавы основного и кислого состава среднедевонские; 3 — граниты каменноугольные; 4 — диабазы верхнедевонские; 5 — алевриты среднедевонские; 6—7 — полиметаллические рудопроизведения; 8 — известные, 7 — выявленные в результате глубинных литохимических поисков; 8 — гидротермальные кварц-серпичитовые породы; 9 — разломы

геофизическими съемками. В благоприятных условиях при выводе первичных ореолов месторождения на современный уровень эрозионного среза вторичные ореолы рассеяния могут быть использованы для поисков скрытого оруденения [18].

На рис. 4 отражены результаты детальных поисков на открытых и полужакрытых площадях, обосновывающие локализацию изучаемого оруденения и эффективность применения геохимических методов. Затраты на изучение одного объекта в данном масштабе изменяются в пределах 20—50 тыс. руб. в зависимости от размеров геохимических аномалий, мощности рыхлых отложений и комплекса применяемых методов.

Существующие приемы интерпретации геохимических данных с учетом геологических предпосылок и признаков позволяют прогнозировать тип оруденения, уровень

его эрозионного среза и оценивать прогнозные запасы. Весьма перспективными представляются разработка и совершенствование методики составления специальной геохимической основы прогнозных карт. Первый опыт составления такой основы для Рудного Алтая выявил большие возможности прикладной геохимии для прогнозирования месторождений. Она отражает пространственное расположение и площадные параметры геохимических аномалий, их элементный состав, содержание элементов-индикаторов, прогнозируемого оруденения [9, 19].

Таким образом, целесообразность использования и высокая геологическая эффективность литохимических методов в практике поисков месторождений рудных полезных ископаемых очевидны. Опыт поисковых геохимических исследований свидетельствует о том, что с изменением масштаба съемок должны изменяться и объекты поисковых работ. При поисках масштаба 1:200 000 наиболее рационально использование литохимических поисков по потокам рассеяния, при поисках масштаба 1:50 000 — по вторичным литохимическим ореолам, а при поисках масштаба 1:10 000 — по первичным или вторичным ореолам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абисалов Э. Г. Опережающие литохимические поиски по потокам рассеяния. — Разведка и охрана недр, 1977, № 9, с. 20—24.
2. Аристов В. В. Поиски твердых полезных ископаемых. М., Недра, 1975.
3. Беус А. А., Григорян С. В. Геохимические методы поисков и разведки месторождений твердых полезных ископаемых. М., Недра, 1975.
4. Вторичные ореолы рассеяния и их использование при поисках рудных месторождений на территории Сибири. Улан-Удэ, 1973.
5. Геохимические поиски. М., Мир, 1973.
6. Григорян С. В. Первичные геохимические ореолы при поисках и разведке гидротермальных месторождений. — Сов. геология, 1973, № 1, с. 15—33.
7. Квятковский Е. М. Литохимические методы поисков эндогенных рудных месторождений. Л., Недра, 1977.
8. Левинсон А. Введение в поисковую геохимию. М., Мир, 1976.
9. Литохимические поиски рудных месторождений. Алма-Ата, Наука, 1972.
10. Методика и техника геохимических поисков рудных месторождений. Материалы семинара. Фрунзе, Илим, 1975.
11. Мясников И. Ф. Вторичные ореолы рассеяния погребенных месторождений Рудного Алтая. — В кн.: Геохимические методы прогнозирования поисков и разведки рудных месторождений. М., ИМГРЭ, 1975, с. 43—57.
12. Опыт применения геохимических критериев для прогнозирования колчеданно-полиметаллического оруденения на Рудном Алтае/А. А. Головин, Г. Ф. Пак, И. Ф. Мясников, Г. И. Хорин. — В кн.: Принципы, методы и опыт прогнозирования месторождений свинца и цинка. М., 1977, с. 89—92. (Труды ЦНИГРИ).
13. Поликарпочкин В. В. Вторичные ореолы и потоки рассеяния. Новосибирск, Наука, 1976.
14. Принципы крупномасштабного геохимического прогнозирования полиметаллических месторождений различных промышленно-генетических типов (на примере эндогенных геохимических ореолов)/Л. Н. Овчинников, Э. Н. Баранов, В. Д. Баранов и др. — В кн.: Принципы, методы и опыт прогнозирования месторождений свинца и цинка. М., 1977, с. 29—36. (Труды ЦНИГРИ).
15. Сафронов Н. И. Основы геохимических методов поисков рудных месторождений. Л., Недра, 1971.
16. Соловов А. П. Современное состояние и перспективы развития геохимических методов поисков рудных месторождений. — Вестн. Моск. ун-та, 1978, № 2, с. 3—10.
17. Теоретические аспекты миграции элементов-индикаторов рудных месторождений и математические методы обработки геохимической информации. Ереван, 1974.
18. Хорин Г. И., Мясников И. Ф., Бизин А. Г. Основные принципы проведения геохимических методов поисков полиметаллических месторождений. — Изв. вузов. Геология и разведка, 1973, № 5, с. 194.
19. Хорин Г. И., Мясников И. Ф. К вопросу о поисках скрытого полиметаллического оруденения по вторичным ореолам рассеяния. — В кн.: Геохимические методы при поисках и геологосъемочных работах. М., ИМГРЭ, 1974, с. 59—68.

УДК 549.514+550.8 : 552.32(477)

В. К. ОСАДЧИЙ, В. А. СТАДНИК,
И. Ф. ШРАМЕНКО (Ин-т геохимии и физики минералов АН УССР)

Использование бадделита для поисков карбонатов

Карбонаты привлекают внимание исследователей в связи с приуроченностью к ним концентраций ниобия, тантала, фосфора, титана, меди и других элементов, а также месторождений флюорита, магнетита, флогопита, вермикулита и цементного сырья. Вопрос о происхождении карбонатов, относящийся к общей проблеме формирования щелочных пород, имеет огромное петрологическое значение. Наличие генетической и пространственной связи карбонатов со щелочно-ультраосновными комплексами [15] и отсутствие ее с породами габбро-перидотитовой формации позволяет рассматривать карбонаты в качестве поздних дериватов щелочно-ультраосновной магмы.

Установленные в последние годы на территории Украинского щита массивы карбонатов [9, 12, 21] пространственно тяготеют к Черниговской зоне разломов (Западное Приазовье), простирающейся в субмеридиональном направлении более чем на 40 км. Породы, слагающие указанную зону, прослеживаются среди докембрийских гнейсов и мигматитов в виде крутопадающих тел непостоянной мощности (от первых до десятков метров). К северу и югу мощность тел уменьшается и они полностью выклиниваются; в осевой части зоны преобладают карбонаты и щелочные породы, на остальной территории развиты фениты и фенитизированные образования [14].

Формирование пород комплекса было довольно продолжительным и многофазным. Наиболее ранними являются ультрабазиты, затем возникали щелочно-ультраосновные комплексы якупирангит-уртитовой серии и нефелиновые сиениты, вызвавшие интенсивный метасоматоз вмещающих пород — фенитизацию и карбонатизацию. В результате образовались различные по составу и структурным особенностям фениты и карбонаты [14].

Породы карбонатного ряда подразделяются на кальцитовые (севиты), кальцит-доломитовые и доломитовые (бефорситы) карбонаты, отражающие последовательные стадии карбонатного метасоматоза. Преимущественно распространены кальцитовые карбонаты. Породообразующие минералы: оливин (30—65% фаялитовой молекулы), флогопит, клинопироксен, амфибол, биотит, серпентин; из рудных и акцессорных отмечаются: апатит, магнетит, сульфиды, ильменит, рутил, циркон, бадделит, пироксид, колумбит, фергусонит, ферсмит, гатчеттолит, эшнит, анкилит, целестин и др.

По вещественному составу карбонатитовый комплекс Западного Приазовья хорошо сопоставляется с аналогичными образованиями других регионов СССР [3, 6]. Карбонаты Украинского щита несут черты метасоматического происхождения [14] и по геолого-структурному положению полностью сохраняют общую тенденцию в размещении карбонатитовых комплексов [24].

Отличительной особенностью западноприазовского массива карбонатов является линейно вытянутое строение, обусловленное специфической тектонической обстановкой во время его становления, развитием пород ультраосновного состава по узкой трещинной зоне и почти полным замещением их в процессе щелочно-карбонатного метасоматоза. Для этих карбонатов характерны: сравнительное обогащение апатитом, цериевым составом акцессорного фергусонита [2], высокая железистость оливинов, преобладание акцессорного колумбита над пироксидом, незначительная эгиринизация клинопироксенов, отсутствие перовскита и мелилита, оловянная минерализация фенитового комплекса [19], развитие пироксен-скаполитовых пород на экзоконтактных участках массива и т. д.

Присутствие на Украинском щите образований щелочно-ультраосновного и карбонатитового комплексов открывает широкие перспективы для дальнейших поисков здесь массивов карбонатов, особенно не выходящих на дневную поверхность. Поскольку глубинное картирование проведено лишь на небольшой территории щита, новые проявления карбонатов следует ожидать и в уже известных карбонатитовых районах, и на тех участках, где имеются косвенные признаки их наличия.

Детальное изучение щелочно-ультраосновного и карбонатитового комплексов Западного Приазовья, сопоставление их с аналогичными породами других массивов мира [6, 7, 17] позволяет использовать следующие основные поисковые критерии [23, 24]:

1) геолого-структурный — распространение провинций карбонатитов в краевых частях платформ и прилегающих областях завершённой складчатости, а также приуроченность к зонам долгоживущих региональных разломов;

2) петрологический — развитие пород щелочно-ультраосновного, щелочного и карбонатного состава, сопровождающееся интенсивным метасоматическим изменением вмещающих образований — амфиболлизацией, ослюдением ультрабазитов, фенитизацией и карбонатизацией;

3) минералогический — наличие характерных минеральных ассоциаций (апатита, оливина, флогопита), а также находки в коренных породах и россыпях типоморфных

акцессорных минералов карбонатов — пироксидов, бадделита, колумбита, циркона и др.;

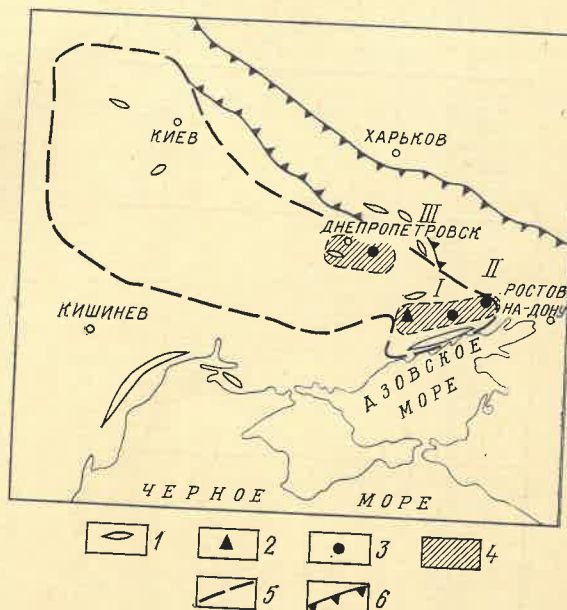
4) геохимический — присутствие ореолов кларковых концентраций ряда редких и рассеянных элементов (ниобия, тантала, стронция, бария, марганца, железа, фосфора и др.).

В связи со слабой обнаженностью территории Украинского щита и проявлением здесь россыпных месторождений важную роль на первом этапе поисков карбонатов может сыграть минералогический критерий, т. е. обнаружение типоморфных минералов карбонатов в россыпях. Это подтверждается, в частности, находкой в 1939 г. К. Н. Савич-Заблоком [18] бадделита в ильменитовых песках Азовского моря (первая находка бадделита в СССР) и последующим открытием в Приазовье его коренного источника — карбонатов [9, 13].

Бадделит как типоморфный минерал карбонатитовых комплексов известен в настоящее время во многих россыпях Украинского щита (рис. 1). Авторами проведен анализ его находок с целью выделения наиболее перспективных площадей для поисков карбонатов. Бадделит (ZrO_2) обычно встречается в виде хорошо образованных кристаллов таблитчатой формы с простыми, крестообраз-

Рис. 1. Перспективные районы для поисков карбонатов на Украинском щите

1 — бадделитсодержащие россыпи;
2 — районы развития комплексов щелочно-ультраосновных пород и карбонатов в Западном Приазовье;
3 — районы развития нефелиновых сиенитов; 1 — Октябрьский массив, II — Покрово-Киреевская структура, III — Мало-Терсянский массив;
4 — районы перспективные для поисков карбонатов; 5 — контур Украинского щита; 6 — зона бортовых разломов Днепровско-Донецкой впадины



ными, реже колечными двойниками, имеется также колломорфная разность с волокнистым строением, носящая название «циркон-фавас» [1]. Физические свойства бадделита из различных пород того или иного района довольно близки и не всегда могут быть использованы для определения генетических различий бадделитсодержащих пород (см. таблицу).

За рубежом находки бадделита в большинстве случаев приурочены к россыпям (Африка, Южная Америка, о-в Шри-Ланка). В коренных источниках он встречается значительно реже, преимущественно в породах карбонатитовых комплексов. В Якутии (Бразилия), помимо карбонатов, бадделит как акцессорный минерал присутствует в магнетит-пироксеновых образованиях, а также в зоне их контакта с мрамором. В других районах Бразилии (Сьерра-де-Кальдас, Минас-Жерайс) он широко распространен в нефелиновых сиенитах в виде небольших пластинок или вростков в кристаллах пироксидов [1, 7, 17]. В норите Теллеса (массив Эна-Сире) южнонорвежского анортозитового комплекса наблюдаются идиоморфные включения бадделита призматического габитуса в ильмените [26], реже его оторочки вокруг зерен шпинели или сте с нефелином, пироксидом и флюоритом [1].

На территории СССР он известен преимущественно в породах щелочно-ультраосновных и карбонатитовых комплексов: в Карелии и на Кольском полуострове — в оливинитах и связанных с ними магнетитовых жилах, в рудных щелочных пегматитах, апатит-форстеритовых и апатит-форстерит-магнетитовых породах и карбонатах, изредка в фенитах [5, 6, 17, 20]; на Алдане — в кальцитовых карбонатах в ассоциации с форстеритом, флогопитом, гатчеттолитом, апатитом и магнетитом [6], а на восточном склоне Анабарского поднятия — также в карбонатитовых и кимберлитовых брекчиях [10]. Кроме того, в качестве акцессорного минерала бадделит установлен в жильных, реже контактовых скарнах и кальцифирах Тажеранского щелочного массива на западном берегу оз. Байкал [8].

Физические свойства бадделитов из различных регионов

Характеристики	Карбонаты Южной Африки, массив Палабора [5]	Карбонаты Кольского полуострова, Ковдорский массив [17]	Карбонатитовая брекчия Анабарского щита [10]	Граниты Армении, Амзачиманский массив [11]	Карбонаты Украины, Западное Приазовье [13]	Россыпи Украины	
						Среднее Приднепровье [16]	Волянь, р. Ирша [16]
n_g	2,24	2,18—2,24	2,20	2,18	2,05	2,19—2,20	2,19—2,23
n_p	2,13	2,10—1,16	2,13	2,03	Не опр.	2,12	2,11—2,13
$n_g - n_p$	0,11	0,08	0,07	0,15	"	0,07—0,08	0,08—0,10
$-2V$	30	30—40	30	30	"	30	30—32
Твердость	—	6,0—6,5	5,75—6,0	—	—	6,5—7,0	6,5—7,0
Плотность, г/см ³	5,74	5,76—5,79	5,75—6,0	—	—	5,88	5,73
Размер зерен, мм	—	0,3—2,0	—	0,15—0,3	0,07—0,3	0,04—0,12	0,05—1,5
Цвет	—	Бурый, темно-бурый	От светло-серого, бурого до черного	Красновато-бурый, коричневый	Коричневый	Желтый, коричнево-бурый	Желтый, коричнево-бурый

Примечание. Для всех бадделитов плеохроизм в бурых тонах ($n_p > n_m > n_g$), а блеск варьирует от жирного до алмазного.

Особый интерес представляет бадделит из гранитоидов Амзачиманского массива Армении [11]. Здесь он образует идиоморфные кристаллы как в порфировидных, миаролитовых гранитах и пегматитах, апатит-пегматитах, так и в кварцевых сиенитах, жильных гранитах и аплитах. Гранодиорит-граносиенитовая формация Амзачиманского массива характеризуется наличием щелочно-известковых пород повышенной щелочности. Явления гибридности, связанные с поздней интрузивной фазой щелочного комплекса, обусловили отклонение состава пород от нормального (субщелочного) ряда в сторону повышенной основности. Кристаллизация бадделита происходила в позднюю стадию магматического и раннюю пневматолито-гидротермального процесса, т. е. раньше, чем кристаллизация кварца. Имеющиеся данные показывают, что бадделит возникает на различных стадиях минералообразования в условиях пониженной кислотности.

На Украине этот минерал известен и в коренных источниках, и в россыпях. К первым относятся породы щелочно-ультраосновного — карбонатитового комплекса Западного Приазовья [13], где бадделит встречается в кальцитовых, но чаще в доломитовых карбонатах и их корах выветривания, образуя очень мелкие зерна (0,07—0,3 мм) в кальците, доломите, апатите, иногда тесные сращения с колумбитом или мелкие включения в нем.

Наиболее характерны правильные кристаллы со сглаженными кристаллографическими гранями, что обусловлено, по-видимому, изменением бадделита в процессе метасоматических преобразований породы. Все другие минералы — оливин, флогопит, апатит, колумбит — также представлены резко сглаженными кристаллами. Это наряду с малыми размерами последних часто затрудняет гониометрическое изучение бадделита.

Широко распространены таблитчато-уплощенные формы кристаллов (рис. 2, А; 1.2), изменяющиеся по грани (100) от удлиненных многоугольников до почти изометричных квадратов. Форма {100} наиболее сильно развита и весьма часто встречается. Постоянно присутствует грань (110), развитая значительно слабее, чем грань первого пинакоида. Слабо развиты формы {031}, {011}, {101}, иногда третий пинакоид. Формы {101}, {111}, {112}, {301}, {120} очень невыразительны, сглажены и придают кристаллам сглаженно-округлый облик. Они очень сходны с формами из карбонатитовой бреккции Анабар-

ского щита, с простыми одиночными кристаллами бадделита из карбонатитов Кольского полуострова, Бразилии и до некоторой степени — с уплощенными кристаллами из гранитоидов Армении. Перечисленные формы бадделита различаются степенью развития третьего пинакоида. В бадделите из карбонатитов Кольского полуострова в ряде случаев заметно развитие грани второго пинакоида. Эта грань, вероятно, присутствует в бадделитах карбонатитов Украины, но очень редко и слабо выражена.

Наблюдаются простые двойники (см. рис. 2, А, 3), имеющие вид уплощенных прямоугольных кристаллов с хорошо развитой гранью (100), менее развитыми простыми формами {110}, {101}, {120}, {102} и слабо развитыми формами {112}. Они напоминают простые двойники из кимберлитовых брекчий Якутии и из карбонатитового

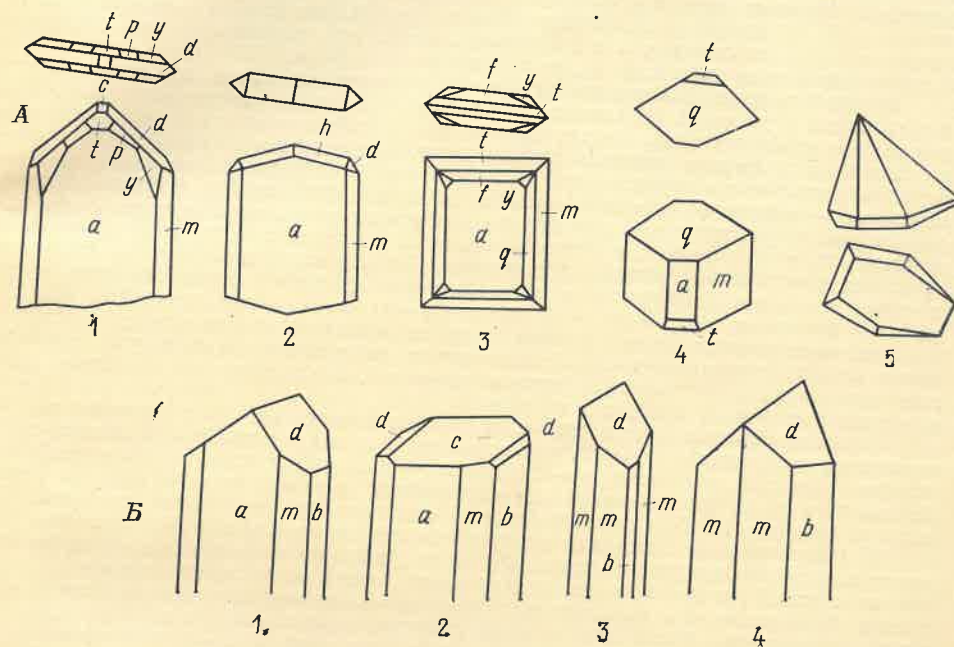


Рис. 2. Кристаллографические формы бадделита из карбонатитов Западного Приазовья (А) и россыпей Воляни (Б, бассейн р. Ирши)
а — t — кристаллографические грани: а {100}, б {010}, с {001}, d {011}, е {113}, f {102}, g {120}, h {031}, m {110}, p {111}, q {301}, y {112}, t {101}

комплекса Кольского полуострова. Отличие состоит в разной степени развития грани, венчающих кристалл по [100].

Встречены единичные кристаллы бадделита в виде шестиугольной неправильной призмы (см. рис. 2, А, 4) с хорошо развитыми гранями (301), (110) и (100). Сочленение (100) и (001) по острому углу ограничивается слабо развитой формой {101}. Эта форма очень близка к короткостолбчатому кристаллу из карбонатитов Кольского полуострова, но в последнем вместо формы {301} развита форма {001}. Имеется также редкая одиночная форма, не отмечавшаяся ранее в карбонатах или других образованиях (см. рис. 2, А, 5) — неправильная наклонная пирамида, основанием которой является неправильный шестиугольник. Ребра ее очень сглажены, грани нечеткие, вследствие чего кристалл при малых размерах напоминает неправильный конус. Реже встречаются крестообразные двойники прорастания, характерные для других карбонатитовых комплексов. Коленчатые двойники и четверники, подобные таковым из карбонатитов Кольского полуострова, в карбонатах Западного Приазовья пока не обнаружены.

В коре выветривания карбонатитов также наблюдается бадделит, не отличающийся по физическим, кристаллооптическим и рентгенометрическим свойствам, морфологии кристаллов от бадделита из коренных пород. Видимо, в зоне гипергенеза бадделит не претерпевает существенных изменений.

На территории Украины прибрежно-морские и аллювиальные россыпи бадделита неоген-четвертичного возраста известны в Среднем Приднепровье [4], Приазовье [18] — побережье Азовского моря и район Конкско-Ялынской впадины, в Причерноморье и Днепровско-Донецкой впадине, а также в бассейне р. Ирши на Воляни [16]. В них

распространены преимущественно мелкие таблитчато-уплощенные сильно окатанные кристаллы, непригодные для гониометрического изучения. Исключение составляет бадделит из россыпей бассейна р. Ирши, отличающийся по морфологии от бадделита как других россыпей, так и коренных карбонатитов крупными кристаллами (до 1,5 мм), а также преобладанием (до 80%) совершенно не окатанных и слабо окатанных зерен. Это может свидетельствовать о сравнительно близком расположении коренного источника бадделита и незначительном пути его транспортировки.

Бадделиту аллювиальных россыпей Волыни свойственны короткостолбчатые кристаллы (см. рис. 2, Б, 1—4) и почти полное отсутствие двойников, в том числе простых. Наиболее распространены короткостолбчатые кристаллы со сравнительно хорошо развитыми гранями первого и второго пинакоида при отсутствии грани третьего пинакоида [16]. В другой разновидности бадделита (см. рис. 2, Б, 2) хорошо развиты грани всех трех пинакоидов, а в остальных совершенно отсутствуют грани первого и третьего пинакоидов (рис. 2, Б, 4), но хорошо развита форма {011}.

Морфологические особенности бадделита из коренных пород, кор выветривания карбонатитов и россыпей различных регионов мира, а также преимущественная связь с породами карбонатитового комплекса позволяют рассматривать его в качестве одного из поисковых критериев массивов карбонатитов. Типоморфизм бадделита из карбонатитовых комплексов определяется особыми физико-химическими условиями их формирования — дефицитом кремнекислоты и избытком углекислоты, которые препятствуют рассеянию циркония в силикатах и связыванию его в цирконе, способствуя выделению двуокиси циркония в форме бадделита. Различия в морфологии кристаллов отражают неодинаковые условия образования бадделитсодержащих пород, парагенетические ассоциации минералов и т. д. Экспериментальными исследованиями и детальным изучением кристаллической структуры бадделита установлено [20, 22], что при изменении температурного режима, а также характера и количественного соотношения элементов-примесей в породах происходит деформация его структуры. Наибольшим колебаниям подвержены параметры «а» и «с», а параметр «b» сохраняет относительно постоянное или менее изменчив.

Наличие коренных пород карбонатитового комплекса наряду с широким распространением щелочных и нефелиновых сиенитов, а также россыпей, содержащих типоморфный минерал карбонатитов — бадделит, — позволяет считать приазовскую часть Украинского щита перспективной для дальнейших целенаправленных поисков карбонатитов (см. рис. 1). При этом необходимо учитывать все выделенные критерии.

К перспективным площадям следует отнести также Среднее Приднепровье, где известны прибрежно-морские титан-циркониевые россыпи с бадделитом и нефелиновыми сиенитами. Примечательно, что в неогеновых песках этого района наряду с бадделитом обнаружена его колломорфная разновидность — циркон-фавас. Нахождение в россыпях Приднепровья бадделита, а также апатита и тантало-ниобатов [25] несомненно указывает на присутствие коренных источников этих минералов — карбонатитов.

Теоретически и практически интересен вопрос о материнском источнике бадделита в россыпях бассейна р. Ирши. Не отрицая возможности существования карбонатитов в северо-западной части Украинского щита [16], следует полагать, что различия кристалло-морфологических свойств бадделита аллювиальных россыпей Волыни обусловлены специфическими физико-химическими и структурно-тектоническими условиями формирования карбонатитов или связью с другими бадделитсодержащими породами. Такими породами в изученном районе могут оказаться габбро-анортозиты коростенского комплекса, подобные ильменитовому нориту Норвегии [26]. С этих позиций необходимо провести дополнительное минералогическое изучение кор выветривания габбро-анортозитового комплекса и самих коренных пород как источников бадделита.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бетехтин А. Г. Минералогия. М., Госгеолгиздат, 1950.
2. Броценит — первая находка в СССР/А. И. Чашка, Е. Я. Марченко, В. А. Хвостова, А. В. Быкова. — Зап. ВМО. Вторая серия, ч. 105, вып. 4, 1976, с. 457—462.
3. Гайдукова В. С., Здорик Т. Б. Минералы редких элементов в карбонатитах. — В кн.: Геология месторождений редких элементов. М., Госгеолтехиздат, 1962, с. 105—111 (Тр. ВИМС, вып. 17).
4. Жердева А. Н., Абулевич В. К. Минералогия титановых россыпей. М., Недра, 1964. (Тр. ВИМС, вып. 11).
5. Капустин Ю. Л. Акцессорная редкометалльная минералогия карбонатитов Кольского полуострова. — В кн.: Минералогия и генетические особенности щелочных массивов. М., Наука, 1964, с. 135—194.
6. Капустин Ю. Л. Минералогия карбонатитов. М., Наука, 1971.
7. Карбонатиты. Под ред. О. Таттла и Дж. Гиттинса. М., Мир, 1969.
8. Конев А. А., Самойлов В. С. Контактный метаморфизм и метасоматоз в ореоле Тажеранской щелочной интрузии. Новосибирск, Наука, 1974.

9. Лапицкий Э. М., Кочанов Е. Н. Перспективы редкометального оруденения в Западном Приазовье. — В кн.: Перспективы расширения минерально-сырьевой базы Украины. Днепропетровск, 1972, с. 63—64.
10. Маршинцев В. К. Карбонатитовые образования восточного склона Анабарского сводового поднятия. Якутск, 1974.
11. Меликсетян Б. М., Мелконян Р. Л. Петрология и геохимия интрузивных комплексов некоторых рудных районов Армянской ССР. Ереван, 1976.
12. Об открытии фосфатной минерализации в Западном Приазовье/Г. В. Жуков, В. А. Вархотов, И. И. Сохацкий, Ю. П. Горяев. — Геологический журнал, т. 33, вып. 5, 1975, с. 150—152.
13. Осадчий В. К., Стадник В. А., Лапицкий Э. М. Бадделит из карбонатитов Украинского щита. — Геологический журнал, т. 35, вып. 4, 1975, с. 118—123.
14. Осадчий В. К., Стадник В. А. Вопросы генезиса пород карбонатитового комплекса Черниговской зоны Западного Приазовья. — В кн.: Минералогические критерии подсудки редких и цветных металлов в пределах Украинского щита. Киев, Наукова думка, 1977, с. 104—112.
15. Пожарицкая Л. К., Эпштейн Е. М. О проблеме генезиса карбонатитов. — В кн.: Геология месторождений редких элементов. М., Госгеолтехиздат, 1962, с. 134—142 (Тр. ВИМС, вып. 17).
16. Полканов Ю. А., Бартошинский З. В., Лейе Е. В. Бадделит титаноносных россыпей. — В кн.: Минералогия осадочных образований. Вып. 1. Киев, Наукова думка, 1974, с. 76—83.
17. Римская-Корсакова О. М., Динабург И. Г. Бадделит в массивах ультраосновных и щелочных пород Кольского полуострова. — В кн.: Минералогия и геохимия. Л., изд. ЛГУ, 1964, с. 13—30.
18. Савич-Заблюцкий К. Н. Ильменитовые пески с северного побережья Азовского моря. — Зап. ВМО, сер. 2, ч. 68, вып. 2, 1939, с. 247—254.
19. Стадник В. А., Осадчий В. К. Оловянная минерализация в породах Черниговской зоны Западного Приазовья. — Докл. АН УССР. Серия Б, 1976, № 12, с. 980—982.
20. Структурные типоморфные особенности бадделита Ковдорского массива/М. И. Бубнова, Т. Л. Когурова, О. М. Римская-Корсакова, С. К. Филатов. — Вестн. ЛГУ. Геология, география, вып. 3, № 18, 1973, с. 56—61.
21. Типы карбонатитов, фенитов, альбититов и ультрабазитов Черниговской зоны Западного Приазовья/Е. Б. Глевасский, В. К. Осадчий, В. С. Стадник, Е. Н. Кочанов. — В кн.: Геохимия и рудообразование. Киев, Наукова думка, 1976, с. 75—80.
22. Филатов С. К., Франк-Каменецкий В. А. Аномальное тепловое расширение ZrO_2 и HfO_2 в интервале 20—1200°С. — Кристаллография, т. 14, № 5, 1969, с. 804—808.
23. Фролов А. А. Формация комплексных месторождений в карбонатитах. — В кн.: Принципы прогноза и оценки месторождений полезных ископаемых. Т. 2. М., Недра, 1977, с. 43—82.
24. Шейнманн Ю. М. Закономерности размещения провинций ультраосновных — щелочных пород. — В кн.: Геология месторождений редких элементов. М., Госгеолтехиздат, 1962, с. 5—9. (Тр. ВИМС, вып. 17).
25. Эльянов М. Д. О коренных источниках россыпных месторождений Среднего Приднепровья. — Литология и полезные ископаемые, 1977, № 6, с. 60—67.
26. Gierth E., Krause H. Baddeleit von Tellnes. — Norsk geologisk. tidsskrift, v. 5, № 2, 1974, p. 193—197.

УДК 550.85 : 549.514.51

Л. Н. ХЕТЧИКОВ (ЦНИГРИ), Б. А. ДОРОГОВИН,
Р. В. ВЯЗОВА, Н. И. БЫДТАЕВА, И. Л. КОМОВ,
С. Ф. НОСОВ (ВНИИСИМС)

Опыт использования термобарогеохимических данных при оценке хрусталеносных месторождений

Изученность хрусталеносных провинций Советского Союза такова, что увеличение запасов пьезооптического сырья возможно только за счет поисков трудно открываемых, не выходящих на дневную поверхность «слепых» жильных тел или путем переоценки известных уже развалов кварца новыми методами, которые давали бы возможность оценить продуктивность выявленной жильной зоны, определить уровень эрозийного среза и таким образом получить данные о возможном вертикальном размахе реализации. К таким методам, применяемым в общем комплексе поисковых и оценочных работ, судя по результатам наших исследований, относится комплексное термобарическое и минералого-геохимическое изучение перспективных на кварц территорий.

В условиях Сибири не всегда бывает возможно провести оценку жильных зон по эндогенным ореолам рассеяния. В этих случаях для поисков и оценки хрусталеносных объектов могут быть применены вторичные ореолы.

Отбор шликов массой 200 г проводится по сетке 10×10 м или 20×20 м. Шлик после обработки делится на две фракции: до 0,6 мм и 0,6–1,2 мм. Первая исследуется полуколичественным спектральным анализом, вторая — декрепитационным.

По данным спектрального анализа выясняется первичный местный геохимический фон, относительно которого выделяются специфические элементы, позволяющие отнести исследуемую зону жильного развала к той или иной группе месторождений. Выделенные геохимические аномалии, как правило, совпадают с декрепитационными, но обычно более широкие по сравнению с ними. Наиболее характерны ореолы K, Na, B, Zn и Ga. Как и для первичных ореолов рассеяния, выявляются важные геохимические особенности вторичных ореолов в пределах месторождений различных структурно-морфологических типов.

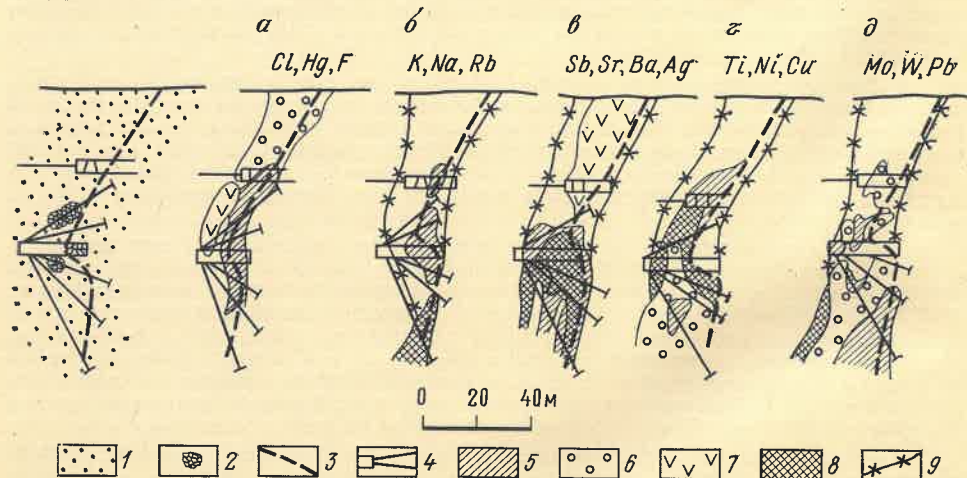


Рис. 1. Ореолы элементов-индикаторов вокруг крутопадающих хрусталеносных зон Восточного шва (Приполярный Урал)

а — ореолы прямых (летучих) элементов-индикаторов хрусталеносности; б — ореолы щелочных элементов; в — ореолы элементов апикальных частей зон; г — ореолы элементов группы железа; д — ореолы прочих элементов; 1 — кварциты; 2 — кварцевые хрусталеносные жилы; 3 — тектонический шов; 4 — горные выработки; 5 — ореолы с содержанием: Cl>18·10⁻³, K>0,1, Rb>1·10⁻³, Sb>4·10⁻³, Ti>150·10⁻³, Mo>6·10⁻³—30·10⁻³%; 6 — H>30·10⁻⁶, Sr>4·10⁻³, Ni>5·10⁻³, W>0,6·10⁻³%; 7 — F>6·10⁻³, Ba>1·10⁻²%; 8 — Na>0,03, Ag>0,5·10⁻⁵; Cu>6·10⁻³, Pb>0,3·10⁻³%; 9 — границы отрицательных аномалий элементов-индикаторов ($C_{min} \leq C_{\phi} - 2S$, где C_{ϕ} — значение местного геохимического фона элемента, C_{min} — его значение ниже уровня отрицательных аномалий, S — стандартное отклонение)

Для качественной характеристики шлика по его декрепитационной активности в пределах исследуемого развала необходимо вначале получить значения взрываемости по возможности всех разновидностей коренных пород и построить по этим данным гистограммы, а затем определить декрептофонические характеристики кварцевых зерен в шликах из изучаемой зоны развалов. По этим данным можно уверенно судить о принадлежности кварцевых зерен к той или иной породе. Если $\Sigma n_1 > \Sigma n_2$ или $R_1 > R_2$, мы имеем дело с кварцитом вне зоны минерализации, при $\Sigma n_1 < \Sigma n_2$ или $R_1 < R_2$ — с кварцитом из зоны минерализации, а при $\Sigma n_1 \approx \Sigma n_2$ или $R_1 \approx R_2$ — с жильным кварцем. Кварц гранитов характеризуется низкими абсолютными значениями коэффициентов Σn_1 и Σn_2 . Для изученных нами участков кварциты из зоны минерализации или жильный кварц характеризуются интенсивностью по $\Sigma n_2 \geq 200$ импульсов.

По полученным данным строятся декрептофонические карты, на которых отчетливо выделяются декрепитационные аномалии. По линейным размерам таких аномалий можно судить о величине жильной зоны и степени ее эрозионного среза.

Поиски и оценка хрусталеносных месторождений в пределах Урала и Памира основаны на вертикальной зональности в распределении геохимических ореолов элементов и минеральных форм нахождения ртуты в пределах хрусталеносных зон. Установлено, что ореолы бария, стронция, сурьмы, серебра обладают максимальной шириной в верхней части разреза и выклиниваются вниз. Ореолы натрия, бора, элементов группы железа достигают максимальной величины в подрудной части жильных зон, а ореолы калия, хлора и свинца развиваются симметрично относительно этих зон (рис. 1). С глубиной происходит также резкое уменьшение (более чем в 10 000 раз)

Таблица 1

Количественные критерии вертикальной зональности хрусталеносных месторождений на Памире и Урале

Денге	хрусталеобразования	показатель зональности элемента*							Мультипликативный показатель ореола**	
		Co	Ni	B	Sr	As	Sb			
Памир										
I	Верхнерудный	0,006	0,02	0,01	0,09	0,1	0,09	$\frac{Li \cdot Rb \cdot K}{Na \cdot Cs}$ 1210—4651 9,7—63,3 0,5—6,0	$\frac{As \cdot Sb}{Ni \cdot Co}$ 104 40 0,1	$\frac{Ga \cdot Sr \cdot Ba}{V \cdot Ni \cdot Co}$ 1100 80 2,5
	Среднерудный	0,012	0,02	0,01	0,07	0,02	0,01			
	Нижнерудный	0,021	0,05	0,03	0,03	0,01	0,001			
II	Верхнерудный	0,001	0,004	0,02	0,03	0,05	0,05	$\frac{As \cdot Sb}{Ni \cdot Co}$ 62,5 30 9	$\frac{Ba \cdot Sr}{B}$ 670 70 0,6	$\frac{Ga \cdot Sr \cdot Ba}{V \cdot Ni \cdot Co}$ 640 36 0,5
	Среднерудный	0,004	0,03	0,07	0,005	0,06	0,006			
	Нижнерудный	0,009	0,06	0,9	0,001	0,005	0,001			
III	Верхнерудный	0,002	0,007	0,01	—	0,10	0,03	$\frac{Ge \cdot Ga}{B}$ 250 27,5 1,4	—	$\frac{As \cdot Sb}{Ni \cdot Co}$ 214 4 0,06
	Среднерудный	0,01	0,02	0,06	He опр.	0,08	0,01			
	Нижнерудный	0,03	0,17	0,12	—	0,01	0,003			
Урал										
IV	Верхнерудный	0,007	0,006	0,05	0,16	0,05	0,03	$\frac{Li \cdot Rb \cdot K}{Na \cdot Cs}$ 100 40 1,07	$\frac{As \cdot Sb}{Ni \cdot Co}$ 1,5 0,9 0,3	$\frac{Ba \cdot Sr}{B \cdot Be}$ 320 40—80 6
	Среднерудный	0,008	0,01	0,1	0,08	0,02	0,004			
	Нижнерудный	0,016	0,04	0,4	0,03	—	0,002			
V	Верхнерудный	0,12	0,11	0,04	0,68	He опр.	0,25	$\frac{Hg \cdot Sb}{Cu \cdot Ni}$ 100—625 30—100 1,7—30	$\frac{Ge \cdot Ga}{B}$ 600 16 2,5	$\frac{Ba \cdot Sr}{Cu \cdot Ni}$ 350 12,5 3,5
	Среднерудный	0,18	0,14	0,16	0,23	—	0,10			
	Нижнерудный	0,24	0,32	0,32	—	—	—			

* Отношение линейной продуктивности ореола данного элемента к сумме продуктивностей ореолов всех элементов.
** Частное от деления произведений линейных продуктивностей групп элементов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорян С. В. О методике определения фоновых содержаний химических элементов при геохимических поисках. — Разведка и охрана недр, 1964, № 2, с. 26—30.
2. Долгов Ю. А., Базаров Л. Ш., Юсупов С. М. Поиски не выходящих на поверхность рудных тел по распределению элементов во вмещающих породах. — Разведка и охрана недр, 1969, № 7, с. 26—29.
3. Ермаков Н. П. Методы использования газожидких включений при поисках и разведке постмагматических месторождений и слепых рудных тел. — Сов. геология, 1966, № 9, с. 77—90.
4. Лазько Е. М. О генезисе хрусталеносных образований и промышленных типах месторождений пьезокварца. — Труды ВНИИП, 1958, т. 2, вып. 1, с. 13—24.
5. Мезенцев О. К., Ратников В. М., Скороспелкин С. А. — Разведка и охрана недр, 1964, № 10, с. 10—15.
6. Пузанов Л. С., Кудачова Л. П. Особенности изменения температур декрепитации в хрусталеносных кварцитах Алдана. — Труды ВНИИСИМС, 1966, т. 9, с. 162—173.
7. Хетчиков Л. Н., Комов И. Л., Вязовова Р. В. Поиски и оценка проявлений хрустала геохимическими методами. — Разведка и охрана недр, 1975, № 5, с. 21—25.

УДК 551.263 : 552.56 : 551.7+553.31 (470.323)

В. И. ШИЛОВ (Юго-Западная КГРЭ МГ РСФСР),

П. П. ДЕМЧЕНКО (Научно-исслед. ин-т по проблемам КМА)

Железисто-кремнисто-сланцевая формация Фатеевской структуры КМА и ее рудоносность

В 1973—1976 гг. при поисково-оценочных работах в районе Фатеевской аномальной полосы (юго-западная полоса КМА) вблизи действующего Михайловского железорудного карьера была выявлена рудоносная толща существенно магнетитовых кварцитов, залегающая на сравнительно небольшой глубине (110—130 м). В. Н. Гусельников и др. [3, 4], уже опубликовавшие свои материалы, считают, что Фатеевские гравимагнитные аномалии вызваны двумя пластами железистых кварцитов железисто-метабазитовой формации михайловской серии верхнего архея (AR_{2mh}), в то время как на соседних месторождениях подобные аномалии обусловлены развитием пород железисто-кремнисто-сланцевой формации курской серии нижнего протерозоя (PR_1k). Исходя из петрохимических свойств железистых кварцитов и вмещающих сланцев, названные авторы делают вывод о несоответствии стратиграфического разреза данного района упорядоченному распределению пород на «идеальном профиле» железорудной толщи КМА [6].

Проведенное нами сопоставление структурных, литологических, фациальных и петрохимических особенностей пород Фатеевской аномальной полосы и хорошо изученных железорудных районов КМА позволяет высказать мнение о том, что аномальная полоса представляет собой типичную для КМА синклиналь II порядка с размахом крыльев от 1100—1200 до 1500—1700 м, вытянутую в северо-западном направлении и запрокинутую на юго-запад под углами от 50—70 до 75—90° (рис. 1 и 2). Железистые кварциты, с которыми связаны гравимагнитные аномалии, залегают здесь согласно с вмещающими слюисто-кварцевыми сланцами. Учитывая постепенные переходы между породами, их можно объединить в одну железисто-кремнисто-сланцевую формацию курской серии нижнего протерозоя. В ней выделяются три свиты: нижняя — метапесчаниково-сланцевая, средняя — железорудная и верхняя — сланцевая, отвечающие по возрасту нижней, средней и верхней свитам курской серии.

Нижняя курская свита (PR_1k_1) представлена двумя подсвитами. Нижняя подсвита (k_1^1) — биотит-мусковит-кварцевые метапесчаники, вскрытые на северо-восточном крыле структуры, имеет мощность около 400—700 м; верхняя (k_1^2) мощностью до 800—1000 м состоит из биотит-кварцевых и биотит-мусковитовых сланцев, содержащих прослои кварцево-серицитовых и серицит-кварцевых филлитовидных сланцев. Местами они обогащены гранатом (альмандином), а на юго-западном крыле синклинали — ставролитом. В нижней части сланцевой толщи отмечаются прослои слюисто-кварцевых метапесчаников, в верхней — актинолитовых и актинолит-куммингтонитовых сланцев. Переход к вышележащим породам средней курской свиты постепенный вследствие появления в верхах толщи прослоев безрудных кварцитов с куммингтонитом, увеличения их мощности и количества.

Средняя курская свита (PR_1k_2) включает закономерно чередующиеся железистые кварциты, малорудные и безрудные кварциты, а также кварцито-сланцы и сланцы, участвующие в строении северо-восточного и юго-западного крыльев Фатеевской синклинали (см. рис. 2). Разрезы железорудных толщ на этих крыльях различные.

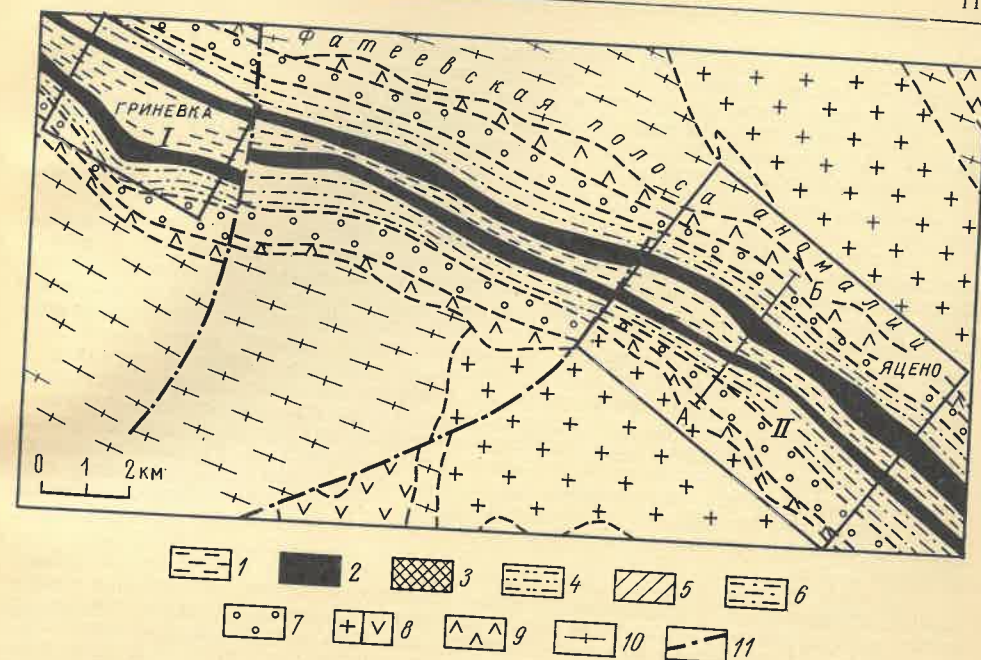


Рис. 1. Геологическая карта Фатеевской аномальной полосы КМА
Нижний протерозой. 1 — верхняя курская свита курской серии (PR_1k_3), филлитовидные сланцы; 2 — средняя курская (продуктивная) нерасчлененная свита (PR_1k_2), железистые кварциты и сланцы филлитовидные; 3 — верхняя подсвита средней курской свиты ($PR_1k_2^3$), железистые кварциты; 4 — средняя подсвита средней курской свиты ($PR_1k_2^2$), филлитовидные сланцы; 5 — нижняя подсвита средней курской свиты ($PR_1k_2^1$), железистые кварциты; 6 — верхняя подсвита нижней курской свиты ($PR_1k_1^2$), сланцы филлитовидные; 7 — нижняя подсвита нижней курской свиты ($PR_1k_1^1$), метапесчаники; 8 — интрузивные образования протерозойского возраста. Архей. 9 — михайловская серия (AR_{2mh}), сланцы, амфиболиты; 10 — нерасчлененные породы архея и нижнего протерозоя ($gn-umAR-PR_1$), гранито-гнейсы и мигматиты; 11 — разрывные нарушения; участки: I — Гриневский, II — Яценский; АБ — линия геологического разреза

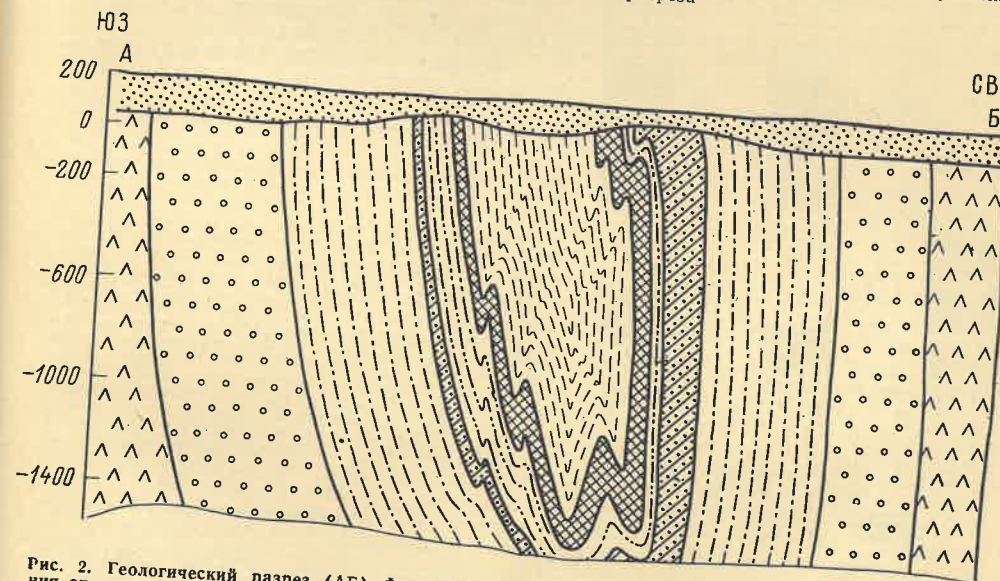


Рис. 2. Геологический разрез (АБ) Фатеевской структуры (крапом показаны осадочные отложения от среднедевонских до верхнечетвертичных включительно)
Усл. обозн. см. рис. 1

Северо-восточная железорудная полоса наиболее детально изучена на Яценском участке, где на протяжении 6 км ее мощность варьирует от 250 до 600 м. Продуктивная толща имеет здесь, так же как и в Михайловском районе [8], трехчленное строение — железистые кварциты нижней (k_2^1) и верхней (k_2^3) подсвит разделены сланцами средней (k_2^2) подсвита. Между железистыми кварцитами и сланцами наблюдаются постепенные взаимные переходы.

Стратиграфический разрез средней курской свиты Яценского участка следующий (рис. 3).

Нижняя подсвита (k_2^1), наиболее мощная (300 м), состоит из горизонтов переслаивания рудных магнетитовых, малорудных и безрудных, магнетитовых, железнослюдково-магнетитовых, магнетитовых, малорудных и безрудных кварцитов. Нижний горизонт содержит прослои гранат-амфиболовых, хлорит-гранатовых и магнетит-хлорит-амфиболовых сланцев, количество и мощность которых постепенно уменьшаются по мере удаления от контакта со сланцевой толщей нижней курской свиты. Амфиболы (куммингтонит и актинолит) присутствуют также в составе малорудных и безрудных кварцитов в виде самостоятельных прослоев и слоев. В результате метасоматоза железнослюдково-магнетитовые кварциты обогащены силикатами — эгиринном, зеленой слюдой (свитальскимитом), щелочными амфиболами, а на отдельных участках — вторичным магнетитом с образованием невыдержанных по падению и простиранию зон существенно магнетитовых кварцитов неяснополосчатой и массивной текстуры мощностью до 100—150 м. Верхний горизонт малорудных и безрудных кварцитов, в котором отмечаются слои куммингтонита и актинолита, имеет мощность не более 1—2 м.

Средняя подсвита (k_2^2) сложена кварцево-слюдистыми и биотит-серицитовыми сланцами с незначительной примесью углистого вещества. Мощность ее изменяется от 5 до 50 м. На северо-западе и юго-востоке Яценского участка происходит фациальное выклинивание сланцев и замещение их слоем магнетитовых кварцитов.

Верхняя подсвита (k_2^3) развита повсеместно, достигая мощности 80—120 м. Она включает горизонты безрудных и малорудных, магнетитовых, малорудных и безрудных кварцитов. Наиболее широко развит средний горизонт, а нижний и верхний играют подчиненную роль (редко имеют мощность 10 м). В кварцитах отмечаются согласные с полосчатостью слои амфиболов и карбонатов (сидерита).

В 10 км аналогичное строение. Различия заключаются лишь в меньших мощностях всех ее горизонтов при сокращении мощности железорудной свиты в целом до 150 м.

Юго-западная железорудная полоса отличается от северо-восточной меньшей мощно-

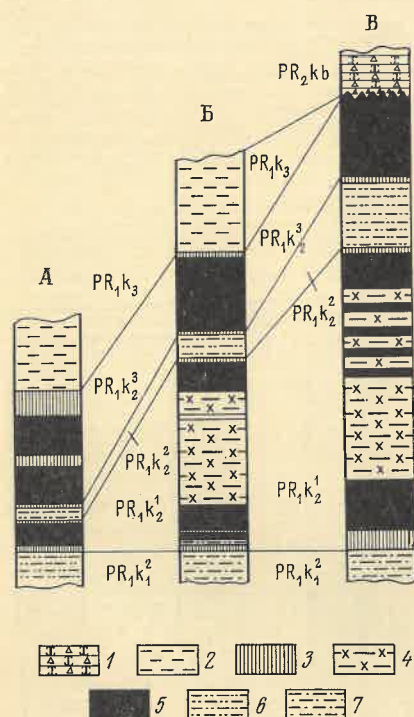


Рис. 3. Сопоставление стратиграфических колоннок Фатеевской структуры и Михайловского месторождения

Средний протерозой: 1 — курбакинская свита оскольской серии, метабрекчий железистых кварцитов и метапесчаники; нижний протерозой, курская серия: 2 — верхняя курская свита, филлитовидные сланцы, 3 — средняя курская продуктивная свита (3 — малорудные и безрудные кварциты, 4 — гематит-магнетитовые кварциты, 5 — магнетитовые кварциты, 6 — внутрирудные слюдисто-кварцевые сланцы), 7 — верхняя подсвита нижней курской свиты, филлитовидные сланцы. Разрезы: А — юго-западное крыло Фатеевской структуры (см. рис. 1, Гриневский участок), Б — северо-восточное крыло Фатеевской структуры (см. рис. 1, Яценский участок), В — Михайловское месторождение.

стью, невыдержанностью по простиранию и частичным или полным выклиниванием отдельных пластов при преимущественном развитии магнетитовых кварцитов. Наиболее детально она изучена на Гриневском участке, где при общей мощности 250 м также характеризуется трехчленным строением (см. рис. 3).

Нижняя подсвита (k_2^1), имеющая мощность менее 50 м, представлена (снизу вверх) горизонтами переслаивания безрудных и малорудных магнетитовых кварцитов со сланцами (кварц-биотитовыми с магнетитом, а также хлоритовыми и

хлорит-амфиболовыми); магнетитовых средне- и широкополосчатых кварцитов с амфиболами; малорудных и безрудных кварцитов с актинолитом. Мощность нижнего и верхнего горизонтов не превышает 5—10 м.

Средняя подсвита (k_2^2) мощностью до 20 м включает кварцево-биотит-мусковитовые сланцы с гранатом, амфиболами и тонкой вкрапленностью магнетита.

Верхняя подсвита (k_2^3) наиболее мощная (до 180 м) и состоит из горизонтов кварцитов различного состава: безрудных и малорудных (магнетитовых), рудных магнетитовых, переслаивания рудных магнетитовых, малорудных магнетитовых и безрудных. Кварциты средне- и широкополосчатые, содержат амфиболы — куммингтонит и актинолит. Широко распространен третий горизонт, достигающий мощности 80 м.

На Яценском участке железорудная толща сложена несколькими маломощными (до 20 м) пластами магнетитовых кварцитов. Основная часть средней курской свиты здесь, по-видимому, фациально замещена кварцево-слюдистыми (двуслюдными) сланцами с гранатом и ставролитом.

Разрез заканчивается сланцами верхней курской свиты (PR_1k_3), участвующей в строении ядра Фатеевской синклинали. По составу их можно разделить на кварцево-биотит-мусковитовые, кварцево-биотит-гранатовые, гранат-биотит-мусковитовые и ставролит-от железистых кварцитов к сланцевой толще постепенный. Мощность верхней курской свиты 150—200 м.

Изученная формация имеет следующие особенности: 1) в нижней, средней и верхней ее частях присутствуют слюдисто-кварцевые сланцы, а в самых низах — терригенно-осадочные метапесчаники; 2) переходы от сланцев к железорудной толще постепенные вследствие появления в разрезе прослоев безрудных кварцитов, увеличения их мощности и количества; 3) кварциты железорудной толщи обнаруживают такую ритмичность (снизу вверх): безрудные и малорудные, магнетитовые, железнослюдково-магнетитовые, магнетитовые, малорудные и безрудные. Полосчатость их постепенно меняется от грубой (в основании и верхней части толщи) до тонкой (в железнослюдково-магнетитовых кварцитах средней части толщи). Перечисленные черты геологического строения аномальной полосы свидетельствуют, на наш взгляд, о развитии здесь типичной железисто-кремнисто-сланцевой формации курской серии КМА [6], в которой отсутствуют признаки, характерные для кремнисто-метабазитовой формации, — сложный состав горизонтов железистых пород, приуроченность их к основным и кислым вулканогенным метаморфизованным породам [7].

В строении железорудной толщи Фатеевской структуры можно достаточно четко наметить два седиментационных цикла, разобщенных, по мнению Н. А. Плаксенко [6], внутрирудными сланцами средней курской свиты. На северо-восточном крыле синклинали, представленном наиболее полно, эти циклы имеют некоторые различия. Нижняя железорудная подсвита (k_2^1) сложена здесь почти полным набором элементов «идеального профиля», включая и тонкополосчатые железнослюдково-магнетитовые кварциты (формирование слоев происходило, по-видимому, в устойчивой сравнительно глубоководной обстановке), а верхняя (k_2^3) — менее мощная и менее выдержанная по простиранию, вероятно, образовалась в условиях мелководья при неустойчивом тектоническом режиме. На юго-западном крыле структуры железорудная толща полностью формировалась в неустойчивой мелководной обстановке, в непосредственной близости к береговой линии бассейна седimentации, о чем свидетельствуют невыдержанность ее по простиранию, исчезновение из разреза цикла глубоководных слоев, частое чередование пластов магнетитовых, малорудных и безрудных кварцитов.

Из изложенного следует, что по составу и строению железисто-кремнисто-сланцевая формация Фатеевской структуры идентична формациям Михайловского, Белгородского и Старооскольского железорудных районов [1, 6]. Однако выполненный нами сравнительный литолого-стратиграфический и петрохимический анализ отдельных частей разреза Фатеевской синклинали и других известных железорудных районов КМА позволил выявить некоторые особенности сланцевых толщ. Так, сланцы рудоприподчиненной роли серицита, аналогичные сланцы Михайловского и Белгородского районов преимущественно серицит-кварцевые (филлитовидные), а сланцы Старооскольского района двуслюдные (биотит-мусковитовые) и даже существенно мусковитовые. Развитие таких метаморфогенных минералов, как амфиболы (куммингтонит и актинолит), гранат (альмандин) и ставролит, отличает сланцы Фатеевской структуры от аналогичных пород Михайловского района и сближает их со сланцами Старооскольского района. Присутствие указанных минералов обусловлено довольно высокой степенью метаморфизма сланцев Фатеевской синклинали, верхний предел которого соответствует амфиболитовой фации.

Несмотря на различие петрографического состава сланцев, их химический состав близок, особенно по содержанию окислов SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 , MnO , MgO , а также по величине их отношений (табл. 1). Этим подтверждается правильность отнесения нами сланцев Фатеевской структуры к железисто-кремнисто-сланцевой формации нижнепротерозойского возраста.

При сопоставлении стратиграфических разрезов железорудных толщ северо-восточного крыла изученной структуры (на примере Яценского участка) и наиболее полно представленного южного фланга Михайловского месторождения [8] устанавливается почти полная аналогия их строения (см. рис. 3). Имеются лишь некоторые различия в мощностях самих толщ и отдельных горизонтов. В разрезе нижней подсвиты железорудной свиты последовательность кварцитов такая: безрудные и малорудные, магнетитовые, гематит-магнетитовые, магнетитовые, малорудные и безрудные. Верхняя подсвита сложена преимущественно магнетитовыми кварцитами.

Минеральный состав кварцитов, слагающих зоны перехода к вмещающим сланцам, различный. В нижней части разреза Михайловского месторождения они содержат прослой карбонатов (сидерит-пистомезита), на Яценском участке и на всей территории

Таблица 1

Химический состав (%) сланцев железисто-кремнисто-сланцевой формации КМА

Компоненты	Фатеевская структура		Михайловский железорудный район	Белгородский железорудный район		Старооскольский железорудный район	
	1*	2*	3*	4	5	6	7
SiO ₂	57,27	55,36	65,56	54,40	57,20	61,09	57,57
TiO ₂	0,67	0,93	0,75	0,72	0,85	0,54	0,61
Al ₂ O ₃	16,23	20,91	18,28	16,09	21,30	19,10	17,99
Fe ₂ O ₃	5,07	1,82	3,53	3,37	4,79	2,04	2,60
FeO	7,41	4,29	Не опр.	5,69	6,05	3,35	5,12
MnO	0,07	0,05	0,01	0,35	0,10	0,04	0,06
CaO	2,70	2,02	Не опр.	3,68	0,50	0,32	0,72
MgO	2,92	1,94	1,40	4,02	2,26	2,42	3,55
Na ₂ O	0,30	0,70	0,30	0,57	0,59	0,82	0,70
K ₂ O	3,20	5,90	6,30	4,60	3,01	5,30	4,80
P ₂ O ₅	0,40	0,16	0,07	Не опр.	0,17	0,06	0,09
S	0,33	0,11	Следы	0,15	0,15	Не опр.	Не опр.
H ₂ O кр.	0,56	0,24	Не опр.	0,22	0,48	0,12	0,37
П.п.п.	3,10	5,37	1,77	7,22	3,85	Не опр.	Не опр.
Соотношения (доли ед.) окислов:							
Al ₂ O ₃ : SiO ₂	0,28	0,38	0,28	0,30	0,37	0,32	0,31
TiO ₂ : Al ₂ O ₃	0,04	0,044	0,041	0,045	0,04	0,03	0,034
MgO : FeO	0,39	0,45	—	0,70	0,37	0,82	0,74
MgO + FeO	0,64	0,30	—	0,60	0,39	0,29	0,48
Al ₂ O ₃							

Примечание. Анализы 1 и 6 — биотит-мусковитовые сланцы, 2 и 5 — гранат-ставролит-мусковитовые сланцы, 3 и 4 — серицит-кварцевые сланцы (с углистым веществом), 7 — мусковит-биотитовые сланцы. Звездочкой отмечены анализы, выполненные в Лаборатории Воронежского государственного университета, остальные данные заимствованы из работы И. Н. Леоненко [1].

Фатеевской структуры в зоне контакта с вмещающими сланцами верхней и нижней подсвиты отмечаются слои куммингтонита, иногда актинолита. Это, однако, указывает не на принадлежность к железисто-метабазитовой формации, а на более высокую ступень прогрессивного метаморфизма пород Фатеевской структуры. Из пяти ступеней (фаций) прогрессивного метаморфизма железистой формации КМА, выделенных А. А. Глаголевым [2], на Михайловском месторождении развиты первая (тальково-куммингтонитовая) и третья (актинолит-куммингтонитовая).

Петрографические различия сравниваемых железорудных толщ обусловлены, на наш взгляд, химическим превращением карбонатов в амфиболы [2] под воздействием прогрессивного метаморфизма. При этом сидерит-пистомезит в карбонатно-магнетитовых кварцитах, реагируя с кварцем, преобразуется в амфибол типа куммингтонит-грюнерита: $7(\text{Fe}, \text{Mg})\text{CO}_3 + 8\text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{Mg}, \text{Fe})_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2 + 7\text{CO}_2$, а анкерит превращается в актинолит: $5\text{Ca}(\text{Mg}, \text{Fe})(\text{CO}_3)_2 + 8\text{SiO}_2 \rightarrow \text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2 + 3\text{CaCO}_3$. Аналогичное превращение минералов наблюдается и в слюдино-кварцевых сланцах, вмещающих железорудную толщу. Описанные явления имеют место на большинстве изученных месторождений КМА, особенно в Старооскольском железорудном районе, где преобладает третья (актинолит-куммингтонитовая), а местами

проявляются четвертая (роговообманковая) и пятая (диопсид-роговообманковая) ступени метаморфизма [2, 5].

Железистые кварциты Фатеевской структуры и Михайловского месторождения довольно сходны по петрохимическим параметрам, но по многим другим показателям резко отличаются от железистых кварцитов, уверенно отнесенных [7] к железисто-метабазитовой формации КМА (табл. 2).

Химические и технологические особенности продуктивных подсвит Яценского и Михайловского месторождений близки между собой. Для кварцитов верхней подсвиты, в отличие от нижней, типичны высокие (30—31% против 22—24%) содержания железа магнетитового и хорошие показатели обогатимости, что свидетельствует об их

Таблица 2

Петрохимическая и технологическая характеристика железных руд участков юго-западной полосы КМА

Компоненты	Яценский участок		Южный фланг Михайловского месторождения		Железисто-метабазитовая формация КМА
	1	2	3	4	
SiO ₂	41,68	41,80	39,70	38,60	47,90
Al ₂ O ₃	0,62	0,52	0,23	0,56	2,63
Fe ₂ O ₃	38,98	30,10	41,31	31,27	24,37
FeO	12,09	20,10	12,45	18,60	13,87
MnO	0,072	0,075	0,073	0,10	0,09
CaO	1,62	1,78	1,28	2,50	5,23
MgO	1,25	1,60	1,14	2,30	2,23
Na ₂ O	0,36	0,15	0,24	0,09	Не опр.
K ₂ O	0,62	0,16	0,52	0,07	Не опр.
P ₂ O ₅	0,104	0,206	0,114	0,210	0,34
S _{общ.}	0,062	0,071	0,042	0,206	0,22
CO ₂	2,19	2,81	2,73	5,55	Не опр.
П. п. п.	2,64	3,72	3,12	5,85	3,88
Fe _{общ.}	36,70	36,74	38,43	36,32	40,72
Fe _{магн.}	22,80	31,17	23,78	30,25	—
Fe ₂ O ₃ : FeO	3,22	1,50	3,33	1,68	1,75
Al ₂ O ₃ : SiO ₂	0,015	0,012	0,006	0,014	0,06
CaO : MgO	130	1,11	1,12	1,09	2,35
Выход концентрата, %	37,76	48,67	37,83	47,28	—
Содержание Fe в концентрате, %	67,37	65,51	66,55	65,02	—
Извлечение Fe в концентрат, %	69,08	86,86	66,14	85,13	—
Содержание Fe в хвостах, %	18,3	9,3	20,63	10,20	—

Примечание. Анализы 1, 3 — гематит-магнетитовые и магнетитовые кварциты верхней подсвиты k₁, 2, 4 — магнетитовые кварциты верхней подсвиты k₂, 5 — магнетитовые кварциты нижней подсвиты AR₃th. Звездочкой отмечен анализ, выполненный в Лаборатории Воронежского государственного университета (1977 г.), а остальные — данные Механобчермета (1974 г.)

промышленной ценности. Рудоносная толща Фатеевской полосы сложена гематит-магнетитовыми кварцитами нижней и магнетитовыми кварцитами верхней подсвиты, содержание железа магнетитового на Яценском участке составляет 24%, а в гематит-магнетитовых кварцитах нижней подсвиты, добываемых в Михайловском карьере, оно уменьшается до 21,5%.

На основании установленного сходства стратиграфического разреза и вещественного состава железорудной толщи Фатеевской структуры и Михайловского месторождения можно сделать вывод о том, что слагающие их железистые кварциты имеют одну генетическую природу и размещаются на крыльях крупной антиклинальной структуры II порядка [9]. Сокращение мощности железорудной толщи в юго-западном направлении (см. рис. 3) от 700—800 м на Михайловском месторождении до 150—600 м в северо-восточной полосе (Яценский участок) и 50—250 м — на юго-западном крыле Фатеевской синклинали сопровождается уменьшением мощностей железистых и выпадением из разреза гематитовых кварцитов с одновременным возрастанием роли магнетитовых, малорудных и безрудных разностей. Это объясняется постепенным уменьшением в том же направлении глубины бассейна седиментации юго-западной полосы КМА.

Подводя итог вышеизложенному, можно высказать следующие соображения.

1. Фатеевская аномальная полоса представляет собой типичную для КМА син-клинальную структуру II порядка, сложенную породами железисто-кремнисто-сланцевой формации нижнепротерозойского возраста. Это подтверждается: сходством ее стратиграфического разреза (трехчленным строением рудоносной средней курской свиты) с хорошо изученными разрезами Михайловского, Белгородского и Старооскольского железорудных районов КМА; ритмичностью строения толщи с симметричными седиментационными циклами; наличием постепенных переходов между слоями и горизонтами стратиграфического разреза; идентичностью петрохимического состава пород Фатеевской структуры и других железорудных районов КМА.

2. Породы железисто-кремнисто-сланцевой формации изменены под воздействием прогрессивного метаморфизма до тальково-куммингтонитовой и актинолит-куммингтонитовой ступеней, что проявляется в широком развитии амфиболитов как в кварцитах, так и во вмещающих сланцах.

3. В составе рудоносной кристаллической толщи Фатеевской структуры преобладают магнетитовые железистые кварциты, образовавшиеся, по-видимому, в прибрежно-морских условиях при неустойчивом орогеническом режиме.

4. Рассмотренные железистые кварциты легко обогатимы. Учитывая небольшую глубину их залегания и близость к горнорудным предприятиям Михайловского железорудного района, данный участок КМА можно считать первоочередным для детального изучения и промышленного освоения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геология, гидрогеология и железные руды бассейна Курской магнитной аномалии. Под ред. И. Н. Леоненко. Т. I. М., Недра, 1970.
2. Глаголев А. А. Метаморфизм докембрийских пород КМА. М., Наука, 1966.
3. Гусельников В. Н., Волков Г. И., Джурицкий А. Ф. Геология и рудоносность Фатеевских аномалий КМА. — Геология рудных месторождений, 1976, № 3, с. 94—99.
4. Гусельников В. Н., Волков Г. И., Джурицкий А. Ф. Железисто-метабазитовая формация Фатеевской структуры КМА. — Изв. АН СССР. Серия геол., 1976, № 6, с. 60—75.
5. Зайцев Ю. С. К вопросу об эволюции некоторых метаморфических пород докембрия Белгородского железорудного района КМА. — В кн.: Геология и полезные ископаемые Курской магнитной аномалии. М., Недра, 1967, с. 30—40.
6. Плаксенко Н. А. Главнейшие закономерности железорудного осадконакопления в докембрии КМА. Воронеж, изд. Воронежск. ун-та, 1966.
7. Плаксенко Н. А., Щеголев И. Н. Основные черты стратиграфии и закономерности литогенеза в раннем докембрии КМА. — В кн.: Литогенез в докембрии и фанерозое Воронежской антеклизы. Воронеж, изд. Воронежск. гос. ун-та, 1977, с. 3—25.
8. Шилов В. И., Демченко П. П., Бельмасов Н. Т. Новые данные о стратиграфии продуктивной толщи Михайловского месторождения КМА. — Сов. геология, 1975, № 10, с. 140—144.
9. Щеголев И. Н., Чибряков А. А., Сметанин А. И. О соотношении мощностей и степени развития литологических типов пород железисто-кремнисто-сланцевой формации докембрия Курской магнитной аномалии. — В кн.: Литогенез в докембрии и фанерозое Воронежской антеклизы. Воронеж, изд. Воронежск. гос. ун-та, 1975, с. 43—48.

ХРОНИКА НАУЧНОЙ ЖИЗНИ

УДК 550.8.012 : (550.83+550.814) (470.2)

А. В. ДОЛИВО-ДОБРОВОЛЬСКИЙ (ЛЭМ НПО «Аэрогеология»),
В. В. ПРОСКУРЯКОВ (Северо-Западное ТГУ),
Г. С. ФРАНТОВ (НПО «Геофизика»)

О геолого-геофизических полигонах и заповедниках на Северо-Западе РСФСР

24—25 ноября 1977 г. в Ленинградском горном институте состоялось совещание «Сотворение и перспективы развития системы геолого-геофизических полигонов на территории Северо-Запада РСФСР», организованное Комиссией по охране недр при Северо-Западном правлении НТО «Горное» в свете важнейших документов Правительств по охране недр и их рациональной эксплуатации: статьи 18 Конституции СССР, постановления Верховного Совета СССР «О мерах по дальнейшему усилению охраны недр и улучшению использования полезных ископаемых» (1975 г.) и Закона СССР «Об утверждении Основ законодательства Союза ССР и союзных республик о недрах» (1975 г.).

В совещании приняли участие 120 специалистов — представители 27 организаций Министерства геологии СССР, Академии наук СССР, высших учебных заведений, ЦК профсоюза рабочих геологоразведочных работ и Всесоюзного общества охраны прикладов и сообщений), в которых всесторонне освещены вопросы создания геологических заповедников, геодинамических, гравиметрических, сейсмических, магнитных, электроразведочных, гаммаспектрометрических и геохимических полигонов, полигонов для трассажной геофизики, вопросы изучения физических свойств горных пород, общие вопросы методологии.

Во вступительном докладе Г. С. Франтова (НПО «Геофизика») и В. В. Прокурякова (СЗТГУ) обосновывалась необходимость создания системы геолого-геофизических полигонов и заповедников и были сформулированы их основные цели и задачи: 1) проведение научно-исследовательских и опытно-методических работ на объектах, характеризующихся хорошей изученностью и отвечающих различным геологическим и геофизическим условиям;

2) анализ эффективности различных типов аппаратуры, методов работы с ней и т. д.;

3) обеспечение сохранности типичных или уникальных объектов; проведение длительных периодических наблюдений за физическими полями и физико-химическими характеристиками горных пород и руд.

Вопросы создания геологических заповедников были отражены в четырех докладах. М. А. Гиляровой (ЛГУ) выделена серия полигонов для изучения типичных разрезов важнейших структурных комплексов докембрия (районы оз. Нотозеро, Порьей д. Шокши, перешеек между п-вами Рыбачий и Средний, на северном крыле Печенгской структуры, в Хибинском массиве, на Костамукшском месторождении). В. В. Ждановым (ВСЕГЕИ) рассмотрено значение для геологии Лапландского заповедника, созданного с целью изучения флоры и фауны Заполярья. В докладах К. К. Хазановича (ЛО ВООП), В. Н. Архангельского и К. И. Дементьева (СЗ ТГУ) охарактеризованы уже взятые под охрану памятники неживой природы Ленинградской области: типичные обнажения, некоторые озера и водопады, пещеры, аккумулятивные формы, представляющие научную и эстетическую ценность; предложено в этот список внести также уникальные обнажения Ильменского глинта (от с. Коростынь до д. Заднее Поле и обнажения в нижнем течении р. Пеижа), еще с XVIII в. привлекающие внимание натуралистов.

Ряд докладов посвящался результатам работ на существующих геодинамических полигонах и созданию новых. В докладе Г. Д. Панасенко и др. (КФ АН СССР) охарактеризованы работы, проводимые на Кольском геодинамическом полигоне: сейсмологические и наклономерные наблюдения, повторное нивелирование 1 класса, развитие сети вековых гравиметрических пунктов, изучение современных полей напряжений, геолого-геофизические исследования глубинного строения земной коры, геоморфологические работы, создание сети микрополигонов для обеспечения равномерных постов. В итоге к настоящему времени изучена общая сейсмичность северо-восточной части Балтийского щита: построена сейсмогеологическая модель земной коры (причем по оси профиля Ковдор — Кировск обнаружено наличие переходного коро-мантийного слоя), изучены характеристики волн земного прилива, влияние периодических факторов

на наклоны, выявлены принципиальные возможности использования приливных эффектов при изучении земной коры. В результате многократного нивелирования установлены вертикальные движения коры со скоростью до 1—4 мм/год, обусловленные тектоническими процессами и техногенными факторами. Работы на Кольском геодинамическом полигоне расширяются.

В докладе И. А. Турчанинова и др. (КФ АН СССР) на примере Хибинского массива показана перспективность использования периодических сейсмических измерений, позволяющих изучать поля напряжений, контролировать сплошность целиков, обнаруживать зоны трещиноватости и т. п. В пределах Хибин выявлены исключительно сильные поля напряжений, в 5—10 раз (в отдельных точках до 30 раз) превышающие нормальные, определена сильная анизотропия сейсмических параметров в субширотном направлении.

Эти исследования имеют большое научное и практическое значение. Выемка колоссальных объемов горных пород в хибинских рудниках приводит к нарушениям устойчивого состояния, и это вызывает необходимость постоянного действенного контроля за напряженным состоянием горных пород. Хибинский массив может явиться своеобразной природной лабораторией для проведения крупномасштабных горных и геофизических исследований. Весьма полезно организовать подобные же периодические наблюдения и на других подземных горнодобывающих предприятиях, в результате чего была бы создана сеть геолого-геофизических полигонов для изучения полей напряжений, обусловленных тектоническими явлениями и техногенной деятельностью человека.

В докладах В. Г. Кузнецовой (ЛФ АН УССР), А. Л. Алейникова и др. (УНЦ АН СССР) охарактеризованы гравиметрические, магнитовариационные, сейсмические, температурные, электромагнитные исследования, проводимые на Карпатском геодинамическом полигоне, и геолого-геофизические и геоморфологические исследования по отдельным субширотным профилям на уральских микрополигонах.

На Карпатском полигоне установлены связи различных физических параметров, в том числе вариаций физических полей, с особенностями геологического строения. Исследования на Уральском полигоне показали, что новейшие движения Урала являются антизостатическими и обусловлены тектоническими силами. В целом структура Урала разбита системой разломов, веерообразно сходящихся книзу, и представляет собой гигантский клиновидный блок, испытывающий восходящие движения. Подобный характер движения намечается и для более мелких клиновидных блоков. Блоки, ограниченные расходящимися книзу разломами, под влиянием тех же усилий испытывают опускание.

В. Г. Можая (ЛАЭМ НПО «Аэрогеология») предложила создать геодинамический полигон на Судомской возвышенности, где в течение ряда лет проводились специальные геоморфологические исследования, сопровождаемые нивелировочными работами, и сохранена сеть реперов наблюдений.

В. К. Поликарповым (ЗГТ) и Б. П. Скориком (НПО «Геофизика») проанализирован опыт создания гравиметрических полигонов в СССР и за рубежом, в частности, приведены сведения о Сосновском и Ленинградском (Пулковском) полигонах. Указывалось, что имеющиеся полигоны пока не обеспечивают точности измерений, необходимой для гравиметров 1 класса. В связи с этим был поднят вопрос о создании полигонов, отвечающих современным требованиям, и разработке методики измерений, обеспечивающей высокую точность. Пункты полигонов необходимо включить в систему охранных зон.

Сейсмическим полигонам был посвящен доклад Н. А. Караева и др. (НПО «Геофизика»), А. И. Качкова (СЗ ТГУ) и И. В. Литвиненко (ЗГТ), в котором рассмотрены цели и задачи сейсмических полигонов, требования к ним, включая требования изученности региональными (глубина исследования не менее 10 км) и локальными сейсмическими работами и опорным бурением с последующим использованием скважин для сейсмоакустических исследований (акустический каротаж, межскважинное просвечивание, азимутальные наблюдения и т. п.) и обсуждены организационные вопросы создания полигонов. В связи с охраной окружающей среды авторы ставят вопрос о переходе к невзрывным сейсмическим методам (в этом направлении следует развивать и приборостроение). В качестве сейсмических полигонов на северо-западе республики предлагается выделить районы Хибинского массива и Печенгской структуры.

Вопросы точных геомагнитных измерений на обсерваториях и создаваемых магнитных полигонах, методы обработки магнитовариационных наблюдений, требования к магнитным полигонам, вопросы методики работ на них, а также результаты магнитовариационных исследований на территории Кольского полуострова обсуждались в докладах Г. А. Логинова (ПГИ КФ АН СССР), В. Д. Ломаного и Г. С. Васютючкина (НПО «Геофизика»).

Необходимость создания электромагнитных полигонов посвящались доклады Г. С. Франтова и др. (НПО «Геофизика»), Т. П. Варгина и др. (ЗГТ), А. А. Жамалетдинова и др. (КФ АН СССР). При этом анализировались вопросы методики электро-разведочных работ, перспективные направления электромагнитных измерений; результаты сравнительных испытаний аэро- и наземной электроразведочной аппаратуры на

участках Парандово, Хаутовара, Восток, Аллареченское, Конкаселька, Шомбозеро, Вещи-яур, Вожма. Авторы этих докладов изложили требования, которым должны отвечать электроразведочные полигоны, высказали конкретные предложения по их размещению (Пудожгорское титано-магнетитовое месторождение, месторождения Колосареченского и Мончегорского типов и др.).

Доклад В. С. Данилова и др. (НПО «Геофизика») посвящен созданию полигонов для аэрогаммасъемок. В СССР такие полигоны должны базироваться на выборе природных эталонных участков, стабильность которых обеспечивается заповедным режимом. В качестве полигонов намечены о-в Пусунсари (Северное Приладожье), ряд участков в Южной Карелии, на Тянь-Шане, в Казахстане, на Северо-Востоке СССР.

Вопросам создания геохимических полигонов в пределах наиболее типичных месторождений в разных физико-географических условиях посвящали доклады Г. В. Свеши-И. Н. Крицук (ЛГИ), А. Н. Боголюбов, Н. А. Ворошилов (НПО «Геофизика») и охранные мероприятия, которые должны обеспечить их стабильность. В частности, анализировались результаты работ на существующем полигоне в бассейне р. Куркен-йоки (установлены периодические колебания в содержаниях микрокомпонентов ландшафта в разные сезоны, в разные годы и т. п.).

Охране скважин и созданию полигонов для скважинной геофизики посвящались доклады В. П. Кальварской и др. (НПО «Геофизика»), Н. М. Нейштадта и А. Ф. Фокина (ВИТР НПО «Геотехника»), Г. А. Черемного (ЛГИ), Н. Н. Орлова и др. (СЗ ТГУ). Докладчиками предложены мероприятия по сохранению опорных скважин и горных выработок с характерным геологическим разрезом, методика периодических наблюдений на скважинах, предназначенных для изучения физических свойств и физико-химических полей горных пород, их напряженного состояния, особенностей теплового режима, многолетних колебаний температуры, испытания скважинной геофизической аппаратуры. В качестве таких полигонов предложено, в частности, использовать скважины на железорудных месторождениях — Оленегорском, им. Баумана и Кировогор-ском, на пирит-пирротитовых месторождениях Хаутовара и Ялонвара, слюдяных месторождениях Риколатвинском и Слюдорудник и ряде других. Стационарные геохимические, гидрогеологические и температурные исследования осуществляются на серии скважин, образующих профиль длиной 150 км от г. Сланцы до оз. Лазурное. Все скважины, использующиеся для периодических наблюдений, а также с учебной целью, предложено взять под охрану.

На необходимость создания коллекций горных пород и улучшения методов изучения их физических свойств обратили внимание Г. П. Капранов и М. Я. Сомина (НПО «Геофизика»). Это должно явиться закономерным продолжением работ на полигонах и сохранить для дальнейших исследований образцы пород эталонных участков даже в случае полной ликвидации месторождений. Предлагалось также организовать сеть полигонов различной длительности пользования, с включением в нее ряда разведочных и эксплуатационных месторождений, таких, как медно-никелевые месторождения Печенги, сульфидные Парандовские, железорудные Костомукшские и др.

Ряд докладов посвящались общим вопросам методологии работ на полигонах. Так, А. В. Доливо-Добровольский доложил о создании в СССР системы аэрокосмополигонов; при этом предлагалось включить в эту сеть и геофизические полигоны, и обсерватории. Задачи, решаемые с помощью комплекса геофизических и дистанционных исследований на полигонах, можно разделить на три группы. Первая касается использования аэрокосмоснимков при создании эталонных карт физических полей, которые в свою очередь будут использоваться при опробовании аппаратуры и решении методических задач (в том числе задач комплексирования). Дешифрирование снимков при этом обеспечивает получение геологической информации, важной для корреляции аномалий и интерпретации полей в межмаршрутном интервале; сведения о трещиноватости пород и четвертичных отложениях, иногда о растительности и почвах имеют важное значение при исследованиях с использованием микромагнитных, электромагнитных, геохимических, капнометрических, радиометрических и эманиционных методов.

Необходимо также изучать связи вариаций физических полей с выделенными по дешифрированию крупными блоками и зонами, их разделяющими; большое значение имеют снимки при сейсмостектонических и геодинамических исследованиях.

Вторая группа задач предполагает проведение специальных исследований о природных связях внешних компонентов и свойств ландшафта с физическими полями.

Третья группа охватывает проблемы иерархии геологических объектов с использованием комплексов геофизических и дешифровочных методов. Последние в ряде случаев дают принципиально новую геологическую информацию, подтверждаемую геофизическими данными и имеющую важное значение при металлогенических исследованиях.

Докладчиком, кроме того, подчеркнута необходимость периодической фототеодолитной документации всех действующих карьеров и использования аэрокосмосъемок при решении задач охраны окружающей среды.

В. К. Силантьев (Госгортехнадзор) и К. Б. Гаталин (ВСЕГЕИ) изложили основные требования законодательства СССР о недрах и вопросы правового регулирования охраны заповедников, разрабатываемого во ВСЕГЕИ.

Проведенное совещание свидетельствовало о большом интересе геологической общественности к поднятым проблемам. Все выступавшие отмечали необходимость усиления работ на полигонах и организации геолого-геофизических заповедников на территории северо-запада СССР, а также создания сети полигонов и заповедников и в других регионах СССР.

В принятом решении рекомендовано: Комиссии по охране недр СЗТП НТО «Горное» продолжить совместно с геологическими организациями работу по созданию системы полигонов и заповедников, рассмотреть вопрос о создании Межведомственного совета по координации этих работ на Северо-Западе РСФСР; ВСЕГЕИ ускорить разработку проекта документа о правовом регулировании охраны памятников неживой природы; отраслевым министерствам, связанным с проведением геологоразведочных и горных работ, начать работы по выявлению новых полигонов; при планировании научно-производственных и опытно-методических работ учитывать наличие уже существующих или формирующихся полигонов и заповедников. Приложение к решению содержало перечень существующих и планируемых полигонов и заповедников и конкретные предложения по методике и организации работ на полигонах.

КРИТИКА И РЕЦЕНЗИИ

УДК 553 : 041

Г. А. ТВАЛЧРЕЛИДЗЕ (КИМС),
М. Б. БОРОДАЕВСКАЯ, А. И. КРИВЦОВ (ЦНИГРИ)

О монографии „Принципы прогноза и оценки месторождений полезных ископаемых“*

Названная монография (в двух томах), авторами которой является группа специалистов Всесоюзного института минерального сырья, посвящена методам прогнозирования месторождений пегматитов, альбититов, боросодержащих скарнов, молибдена, олова, вольфрама, флюорита, хромита, карбонатитов, железа и бокситов. По своему содержанию она распадается на две неравные части. В первой (с. 9—65 1-го тома) рассматриваются общие теоретические основы и методы прогнозирования, поисков и оценки минерального сырья, во второй дана характеристика рудных формаций.

Книгу открывает глава «Развитие добычи полезных ископаемых в капиталистических странах» (Н. А. Хрущов). Насыщенная обильным фактическим материалом, многочисленными таблицами и графиками, она дает ясную картину развития добычи главных полезных ископаемых в двадцатом веке.

В главе «Геологические предпосылки прогнозирования и оценки месторождений полезных ископаемых» (В. Т. Покалов) подчеркивается необходимость познания геологических факторов, определяющих условия возникновения промышленных концентратов полезного ископаемого. Эти факторы играют решающую роль в прогнозировании и оценке месторождений. Все рассматриваемые автором месторождения разделены на связанные: с подкоровыми и коровыми магмами, с экзогенными процессами, с процессами метаморфизма. Применительно к каждому типу месторождений дана краткая характеристика продуктивного магматизма или соответственно экзогенных метаморфических факторов. Большое внимание уделено роли прогнозирования рудомещающих толщ, определения принадлежности оруденения к той или иной рудной формации. При этом рудноформационный анализ рассматривается как наиболее эффективный по сравнению со всеми другими методами исследования.

Основные положения автора о необходимости прогнозов на основе глубокого понимания генезиса природных объектов, о ведущем значении связи оруденения с теми или иными проявлениями магматизма не вызывают сомнений. Важнейшее значение при прогнозировании имеет формационный анализ (в широком понимании), предлагающий в качестве главного объекта исследований геологические (для эндогенного оруденения в первую очередь магматические) формации, продуктивные на тот или иной вид минерального сырья.

Для целого ряда объектов выделение таких формаций представляет собой надежное обоснование для оконтуривания потенциально рудоносных районов, а проследивание определенных их фаций позволяет наметить потенциальные рудные поля.

К сожалению, в этой основополагающей главе оставлен без внимания вопрос о принципах выделения различных категорий объектов прогнозирования — рудоносных структурно-формационных зон, рудных районов, рудных полей, месторождений. Критерии прогнозирования каждой из них различны.

В главе «Геохимические методы поисков и оценки месторождений полезных ископаемых» В. Т. Покаловым в краткой форме, но с большой полнотой охарактеризованы геохимические методы поисков.

Рассмотрение теоретических основ прогнозирования завершается главой «Основы прогноза и оценки рудных месторождений методами геофизики» (Н. Г. Шмидт), в которой приведены разнообразные данные о физических свойствах горных пород, о геофизических методах картирования разломов, о применении геофизики при изучении рудоносных структурно-формационных зон и районов.

Таким образом, теоретическая часть монографии охватывает круг вопросов, связанных с условиями образования оруденения, освещает методы поисков. В отношении меньшей степени затрагивается в ней вопрос о методах прогнозирования и оценки.

Композиция основной части монографии в целом соответствует принятой В. Т. Покаловым схеме: месторождения описываются по принципу их связи с магмами различного генезиса. Однако рубрикация этой части несколько иная, так как в ней рассматриваются рудные формации, связанные с подкоровыми магмами и с гранитами преимущественно корового происхождения.

* Колл. авторов. Под ред. В. Т. Покалова. М., Недра, 1977.

Рассмотрение отдельных полезных ископаемых открывается разделом, посвященным оруденению, связанному с гранитами.

В главе о формациях слюдоносных и редкометалльных пегматитов, написанной Г. Г. Родионовым, выделено пять формаций пегматитов (редкоземельная, мусковитовая, мусковит-редкометаллическая, редкометаллическая, хрусталоносных пегматитов), отвечающих различным уровням глубин формирования. Это представление хорошо увязывается с фациями метаморфизма пород, вмещающих пегматиты различных формаций.

На основе обобщения большого фактического материала автор выделяет три главные группы районов развития пегматитов — синорогенных в терригенных толщах геосинклиналей, в зонах отраженной активизации и посторогенных. В отношении районов первых двух групп, к которым приурочена основная масса промышленных месторождений, подробно рассмотрены условия локализации и факторы литологического контроля. По условиям образования автором выделены метасоматические и магматические пегматиты, подробно рассмотрены их минералогический и химический состав, особенности текстур и структур, история формирования. Большой интерес представляют материалы об особенностях минеральных ассоциаций и типоморфизма порообразующих гранитоидов и пегматитов разных формаций.

В заключение главы описываются методы прогнозной оценки, а также поисковые и оценочные критерии и способ подсчета прогнозных запасов, предложенный В. Н. Чесноковым.

Ниобий-танталовые альбиты описаны Ф. Р. Апельциным и В. С. Кудриным. По признакам генетической связи с родоначальными магмами разного состава и определенными ассоциациями интрузивных или метаморфогенных пород, по составу рудоносных метасоматитов и продуктивного оруденения предложена систематика редкометаллических альбититов, включающая четыре формации — постмагматических танталосных литиевослюдистых кварц-микроклин-альбитовых; ниобий-танталовых и редкоземельных щелочных и субщелочных кварц-микроклин-альбитовых; ниобий-танталовых щелочных и субщелочных кварц-микроклин-альбитовых метаморфогенно-гидротермального происхождения; редкометаллических существенно альбитовых метасоматитов. Подробно рассмотрены геотектоническая позиция указанных формаций, их структурное положение, особенности рудоносных интрузий, вещественный состав метасоматитов и продуктивного оруденения, горизонтальной и вертикальной зональности. На основе обобщения обширных данных сформулированы конкретные критерии поисков, прогноза и оценки месторождений альбититов.

Месторождения бороносных скарнов описаны А. Е. Лисицыным. Весьма подробно охарактеризованы физико-химические условия скарнообразования и борного оруденения в них: давление, температура, кислотность — щелочность, активность (эта интересная часть несколько растянута за счет обоснования собственно геологических принципов оценки и прогноза месторождений). Нельзя, однако, согласиться с утверждением автора о том, что возникновение скарнов имеет место только на орогенном этапе развития геосинклиналей и при тектоно-магматической активизации, так как скарново-магнетитовые и медные месторождения весьма характерны и для позднегеосинклинальной стадии (в частности, месторождения Урала являются позднегеосинклинальными). Поисковые критерии изложены автором четко и доступно, хотя некоторые из них требуют специальных предварительных исследований (коэффициент бороносности, температурный диапазон выделения боратов, выделение предшествующих метасоматических процессов и т. д.), не всегда возможных при проведении поисковых работ.

Месторождения молибдена описаны В. Т. Покаловым. Выделены три главные формации молибденовых месторождений — вольфрам-молибденовая, молибденовая и медно-молибденовая. Для месторождений каждой формации рассмотрены геотектоническая позиция, продуктивный магматизм, послемагматическая минерализация, взаимоотношения магматических и рудных проявлений, рудная зональность и рудные ореолы. Эта весьма полная сводка современных знаний о месторождениях молибдена, суммирующая многолетние исследования автора, завершается подробным описанием поисковых критериев и признаков, используемых при прогнозировании: минералогических (в числе наиболее надежных называется совмещение в контурах одного месторождения различных стадий растянутого во времени рудного процесса); геофизических; рудной зональности; факторов, влияющих на концентрацию оруденения, его морфологию и вертикальную протяженность; принципов оценки молибденового оруденения по верхним частям зоны окисления и вторичным ореолам. В качестве общего замечания по главе необходимо отметить, что автору следовало бы особо остановиться на во многом неясном вопросе о границах медно-молибденовой формации и принципах ее определения.

Оловорудные месторождения описаны С. Ф. Луговым. Он выделяет пять формаций — пегматитовую, кварцито-касситеритовую, силкатно-касситеритовую, сульфидно-касситеритовую и риолитовую с их подтипами. Интересны данные о закономерном изменении в геологической истории развития земной коры петрохимического состава оловосодержащих гранитоидов и оловорудных формаций.

Формации вольфрамовых месторождений описаны Ф. Р. Апельциным. Высказаны соображения о характере рудоносных гранитоидов, степени их специализации на вольфрам, источнике металла и его круговороте в геохимическом цикле, обосновывается

наличие в природе столь большого разнообразия генетических типов месторождений вольфрама. Однако автор почему-то не привел общей систематики формационных типов вольфрамовых месторождений. Поэтому выделенные им в подзаголовках «колчедановольфрамовая формация», «сульфидновольфрамовые скарново-грейзеновые месторождения» и «полиметаллически-вольфрамовые кварцево-жильные месторождения» оказались не связаны между собой, не ясна и формационная принадлежность двух последних групп.

Термин «колчедановольфрамовая формация» нельзя признать удачным. Рассматриваемые месторождения размещены в орогенных и посторогенных вулканических поясах, а также в поясах, возникших в областях тектоно-магматической активизации, которые, как показывает мировой опыт, в том числе исследования авторов рецензии, лишены колчеданных месторождений. К сожалению, скарново-грейзеновые, кварцево-жильные, сульфидно-вольфрамовые и халцедон-сурьмяно-вольфрамовые месторождения охарактеризованы очень кратко, принципы их выделения остались нераскрыты. Если в четвертом типе вполне резонно объединены месторождения Рачи и Забайкалья, то шеелитовые месторождения Австрии и Турции, как и ряда других провинций, в соответствии с новейшими данными В. К. Денисенко и Д. В. Рундквиста должны быть отнесены к стратиформной шеелит-сульфидно-кварцевой рудной формации.

Флюоритовые месторождения описаны Л. С. Пузановым в несколько ином плане, чем предыдущие. Дана беглая характеристика флюоритовости СССР и отчасти зарубежных стран. Выделены две рудные формации — флюоритовая и флюоритосных карбонатитов. При этом последовательно отражены температуры, глубины и стадийность процесса образования месторождений, что послужило основанием для выделения различных типов минеральной и температурной зональности оруденения. Прикладная часть насыщена важными для прогнозирования данными; рассмотрены пять главных критериев прогнозирования месторождений — структурный, литологический, магматический, минералогический, денудационный. В заключение обоснована последовательность проведения работ по прогнозированию флюоритовых месторождений.

Очень хорошее впечатление оставляет глава, посвященная хромитовым месторождениям (Т. А. Смирнова), открывающая 2-й том. Интересно и живо написанная, она охватывает основные вопросы, имеющие непосредственное отношение к прогнозированию и оценке территорий на хром. Выделены и детально описаны две формации хромитовых месторождений, освещены вопросы генезиса как ультраосновных пород, так и связанных с ними месторождений хрома. Обоснован набор методов поисков и оценки рудных районов.

Однако не нашли отражения коматиты зеленокаменных поясов докембрия, представляющие большой интерес для познания генезиса ультраосновных пород вообще; Урало-Монгольский и Атлантический складчатые пояса планетарного масштаба названы областями; рифтовые зоны океанов нельзя параллелизовать с эвгеосинклиналями, чему противоречит как отсутствие в них дифференциатов ультраосновной магмы, так и длительность базитовых излияний без существенных проявлений дифференциации (Ю. М. Шейнманн, А. А. Маракушев, В. И. Смирнов).

Месторождения карбонатитов описаны А. А. Фроловым. Обосновано существование магматического комплекса ультраосновных — щелочных пород с карбонатитами и связанного с ним рудного комплекса пестрого состава. Выделены три рудные формации: железо-титановая флогопитовая, карбонатитовая, тантал-ниобиево-редкоземельная. Но выделение это не вполне логично, так как все они объединены общим подзаголовком «Формация комплексных месторождений в карбонатитах». И автор называет их то формациями, то минеральными типами. По существу, он рассматривает их в качестве членов единого зонального ряда. Вероятно, в подобном случае следовало бы указать, что в природе мы всегда имеем дело с изолированными фрагментами этой абстрагированной вертикальной колонны месторождений.

Кратко рассмотрены соотношения карбонатитов с траппами и кимберлитами. В разделах, посвященных поисковым критериям, обобщены материалы по изучению карбонатитовых месторождений. В качестве замечания следует указать на наличие ряда спорных определений, как, например, «провинция сквозьструктурных разломов», деление элементов на группы, где медь и цинк относятся к коровым, и т. д.

Значительная по объему глава В. М. Григорьева, А. Я. Архименковой, И. И. Пастушенко и Н. Г. Шмидта посвящена железорудным формациям. Дана характеристика наиболее продуктивной формации железисто-кремнистых месторождений; обоснована классификация этих месторождений (выделены формации железисто-кремнисто-сланцевая, железисто-кремнисто-квартофировая, железисто-кремнисто-метабазитовая и железисто-кремнисто-ультрабазитовая); рассмотрена степень метаморфизма руд и эволюция железонакопления во времени; приведены геологические планы и разрезы ряда типичных месторождений, рекомендованы методы прогнозной оценки рудоносных площадей. Сжато охарактеризованы три типа месторождений титано-магнетитовых руд — качканарский, куинский и пудожгорский; рекомендованы геофизические методы, применяемые на различных стадиях поисков и разведки этих месторождений.

Магмагнетитовая формация Сибирской платформы отнесена к мезозойскому этапу тектоно-магматической активизации, представленному трапповыми излияниями.

Описаны морфологические типы рудных тел, их взаимоотношения с породами платформенного чехла и траппами, рекомендованы методы изучения месторождений. Однако в статье отсутствуют сведения о вещественном составе руд и их генезисе. Вызывает возражение отнесение рудообразования к процессу тектоно-магматической активизации, поскольку мы имеем здесь дело с типичным для платформ трапповым магматизмом, который, как показано А. Д. Щегловым и В. И. Казанским, не относится к процессам активизации.

Характеризуя палеозойские месторождения скарново-магнетитовой формации, авторы описывают опыт использования метода количественной оценки степени благоприятности рудоконтролирующих факторов в целях подсчета прогнозных запасов на новых месторождениях. Опыт этот заслуживает внимания и при изучении других типов оруденения. Что касается обоснования самих рудоконтролирующих факторов, то против этого имеется ряд возражений. Как недостаток следует назвать и отсутствие определения скарново-магнетитового месторождения; вместе с тем геотектонические факторы определены как неперенное сочленение различных систем, хотя здесь более важное значение имеет характер контролирующих разломов и этап развития структуры.

Вопросы бокситообразования всесторонне рассмотрены Б. А. Тюриным и В. А. Теняковым. Авторами обоснована этапность изучения бокситоносности регионов, разработаны методы и последовательность прогнозной оценки запасов бокситов в пределах выделенных рудных районов. Все это может служить надежным руководством при изучении месторождений бокситов.

Монография завершается весьма содержательным заключением в котором ее редактор В. Т. Покалов с теоретических позиций оценил важность факторов, на которых основывается прогнозирование оруденения разных типов и генезиса.

Таким образом, рецензируемая книга представляет собой компактную сводку новейших теоретических достижений по условиям образования, закономерностям размещения, вещественному составу, зональности разнообразных рудных формаций и их поисковым критериям. И в этом состоит ее главное достоинство.

Вместе с тем нельзя не отметить того, что ныне назрела необходимость рассмотреть и многие другие вопросы, мало или вовсе не освещенные в этой книге, такие, как задачи и объекты прогнозирования на различных стадиях геологоразведочных работ, роль фактора изученности районов при прогнозировании, комплексы прогнозных карт и их содержание в зависимости от вида полезного ископаемого и масштаба прогнозирования, точность прогноза и определяющие ее факторы и др. Хотелось бы, чтобы это было учтено при переиздании монографии.

УДК 556.3 : 63

Фомин В. М. Гидрогеологи — сельскому хозяйству. — Сов. геология, 1979, № 5, с. 8—17.

Рассмотрены основные вопросы научно-исследовательских и производственных работ, осуществляемых организациями Министерства геологии СССР по созданию методических разработок для проведения гидрогеологических съемок с целью мелиорации земель, поисково-разведочных работ и подсчета запасов пресных подземных вод для водоснабжения сельскохозяйственных объектов, орошения земель и пастбищ отгонного животноводства, а также использования термальных вод в сельском хозяйстве. Рассмотрены вопросы охраны подземных вод от загрязнения в связи с созданием большого числа крупных животноводческих комплексов и резким увеличением использования минеральных удобрений и новых препаратов для борьбы с сорняками и вредителями сельскохозяйственных культур.

УДК 553.98 : 551.762.3 : 551.351(575.1)

Верхнеюрские рифы — основной нефтегазоносный комплекс Узбекистана/Х. Т. Туляганов, В. Д. Ильин, А. Г. Ибрагимов и др. — Сов. геология, 1979, № 5, с. 17—34.

В статье подведены итоги работ по открытию газовых и нефтяных месторождений в рифовых комплексах Узбекистана, приведших к коренному изменению структуры балансовых запасов и обеспечивающих дальнейшее развитие газодобывающей промышленности. Рассмотрены особенности нефтегазоносности разнофациальных карбонатных отложений и описаны новые методические разработки, позволяющие вести поиски и разведку месторождений в рифовых ловушках различного типа с высокой эффективностью. Показана высокая продуктивность залежей в ловушках рифового типа, делающих их важнейшими объектами поисково-разведочных работ на нефть и газ.

Табл. 2, ил. 4, список лит. — 13 назв.

УДК 553.985(47+57)

Битумонефтегазоносные бассейны СССР и оценка ресурсов природных битумов/Р. Н. Валеев, Г. Т. Юдин, Р. М. Гисматуллин, В. Л. Штейнфельд. — Сов. геология, 1979, № 5, с. 34—46.

Рассматривается проблема использования битумов в народном хозяйстве. Авторы предлагают понятие о битумонефтегазоносных бассейнах и выделяют на территории СССР основные их группы и типы, дают предварительную оценку прогнозных запасов битумов. Особое внимание уделено промышленной оценке месторождений битумов, используемых в различных отраслях народного хозяйства. На основе геологических условий залегания, размещения зон битумонакопления на территории отдельных экономически развитых районов, существующих технологических схем разработки, изложены некоторые соображения в отношении выбора основных направлений поисково-разведочных работ на ближайшие годы, рекомендуются первоочередные объекты для промышленного освоения.

Ил. 1, табл. 1, список лит. — 15 назв.

УДК 553.068.5

Рыжов Б. В. О преобразовании россыпей слабобортранспортабельных минералов. — Сов. геология, 1979, № 5, с. 46—55.

Под преобразованием россыпей понимаются изменения, происходящие при переотложении или проявлении постседиментационных процессов и касающиеся генезиса, динамического класса, условий залегания, строения и вещественного состава россыпей, включая полезный компонент. Преобразования россыпей являются отражением геологической истории и строения территории их распространения. Среди факторов, влияющих на этот процесс, ведущая роль принадлежит неотектонике. В зависимости от режима неотектонических движений выделяется ряд геоморфологических областей. Особенно сложной представляется область холмистых денудационных равнин, где диапазон возраста и

степень преобразования россыпей оказываются наибольшими. Существуют общие тенденции в эволюции россыпей, заключающиеся в усложнении россыпей по возрасту, генезису, условиям залегания, морфологии и преобразованиям ценного минерала по мере снижения интенсивности поднятий, с одной стороны, и в уменьшении степени преобразования, глинистости и зрелости отложений, а также (для золота) содержания тонких ценных частиц по мере перехода от древних к более молодым россыпям, — с другой.

Список лит. — 23 назв.

УДК 553.45 : 550.812(571)

Рациональный комплекс методов при поисках и оценке оловянных месторождений на Востоке СССР/С. Ф. Лугов, Ю. И. Бакулин, В. П. Василенко и др. — Сов. геология, 1979, № 5, с. 56—65.

Освещаются основные закономерности проявления оловянного оруденения на Востоке СССР (Северо-Восток, Приморье, Приамурье и Забайкалье), состояние изученности и поисков, ландшафтно-геоморфологические особенности оловянных территорий. Приводится характеристика современных методов поисков, оценки и их роли при выявлении месторождений олова различных формационных типов. Рациональный комплекс методов поисков и оценки месторождений олова рассматривается применительно к двум основным формационным группам оловянного оруденения (касситерит-кварцевой и касситерит-силикатной) и группам районов (перспективных, но недостаточно изученных и освоенных) с учетом ландшафтных условий производства поисковых работ.

Табл. 1, список лит. — 8 назв.

УДК 553.22 : 553.495

Андреева О. В., Головин В. А. Метасоматические процессы на урановом месторождении. — Сов. геология, 1979, № 5, с. 65—75.

На примере одного из урановых месторождений рассматривается последовательность развития гидротермального процесса от стадии предрудного кислотного выщелачивания к интенсивному рудосопровождающему метасоматозу и пострудным изменениям. Стадия кислотного выщелачивания представлена своеобразным карбонатногидрослюдистым типом изменений, занимающих промежуточное положение между безритами и аргиллизитами. Рудосопровождающий метасоматоз стадии инверсии кислотности приводит к возникновению разнообразных жильково-метасоматических образований, из которых наиболее важны гематит-альбитовые метасоматиты.

Проведены полуколичественные расчеты низкотемпературных минеральных равновесий с участием смешанных K—Na растворов. Выделены области устойчивости гидрослюдистых, альбитовых и некоторых других метасоматитов. Показано, что формирование рудосопровождающего альбита возможно без дополнительного привноса натрия, а повышение щелочности может быть обусловлено тектоническими факторами. Щелочные натровые растворы могут в большой степени способствовать переносу урана.

Табл. 2, ил. 3, список лит. — 25 назв.

УДК 551.241(575.1-15)

Глубинное строение западной части Туранской плиты/Н. А. Беляевский, А. М. Мезенцев, М. М. Мстиславский, Л. Н. Олофинский. — Сов. геология, 1979, № 5, с. 76—82.

На основе комплексного обобщения геофизических данных по глубинному строению западной части Туранской плиты построены карты рельефа поверхности верхней мантии и «базальтового» слоя, выделены и описаны разноориентированные глубинные разломы, часть из которых рассматривается впервые. Отмечено, что блоки земной коры, характеризующиеся близкими соотношениями мощностей внутрикоровых слоев, имеют сходство в структуре фундамента и истории геологического развития.

Ил. 3, табл. 1, список лит. — 20 назв.

УДК 550.834.32+551.24(234.852)

Строение верхней части земной коры по Красноуральскому профилю ГСЗ/В. С. Дружинин, А. М. Постникова, В. М. Рыбалка и др.— Сов. геология, 1979, № 5, с. 82—88.

Приведены результаты интерпретации новых материалов, полученных в 1975—1976 гг. на Красноуральском профиле ГСЗ методом дискретного профилирования. Установлены основные черты строения верхней части земной коры изученной территории: слоисто-блоковый характер, зона разломов, скоростные характеристики. Ряд выявленных элементов коррелируется с имеющимися геологическими данными. Получен высокоинформативный материал, который можно положить в основу при выборе места Среднеуральской сверхглубокой скважины.

Ил. 2, список лит.— 7 назв.

УДК 551.761 : 551.3.051 : 561(470.13)

Мораховская Е. Д., Храмова С. Н. Условия формирования триасовых отложений Колвинского мегавала (Печорская синеклиза).— Сов. геология, 1979, № 5, с. 88—94.

С применением комплексной методики расчленены и увязаны между собой разрезы скважин, пробуренных вдоль Колвинского мегавала. Выполнены палеогеографические реконструкции, подтвержденные результатами изучения триасовых отложений соседних территорий.

Особенности вещественного и гранулометрического состава триасовых пород, текстурные признаки, а также тафономические данные позволяют восстановить условия осадконакопления в триасовое время в пределах Колвинского вала Печорской синеклизы.

Ил. 1.

УДК 550.842.003.1

Хорин Г. И., Мясников И. Ф. Геологическая и экономическая эффективность литохимических методов поисков.— Сов. геология, 1979, № 5, с. 94—99.

Поисковые геохимические исследования применяются при геологической съемке и поисках масштаба 1:200 000, 1:50 000, 1:10 000, поисково-оценочных работах и составлении специальной геохимической основы карт прогноза. При поисках масштаба 1:20 000 наиболее эффективно использование литохимических поисков по потокам рассеяния. В процессе работ масштаба 1:50 000 эффективен метод поисков по вторичным ореолам по сети 500×50 м, при работах 1:10 000 — по вторичным ореолам, а в благоприятных условиях — по первичным. При поисково-оценочных работах изучаются первичные ореолы. Геохимические методы поисков позволяют дать комплексную количественную оценку площади, локализовать объекты поисков, оценить тип ожидаемого оруденения и уровень эрозийного среза. При составлении карт прогноза целесообразна подготовка специальной геохимической основы.

Ил. 4, список лит.— 19 назв.

УДК 549.514+550.8 : 552.32(477)

Осадчий В. К., Стадник В. А., Шраменко И. Ф. Использование бадделита для поисков карбонатитов.— Сов. геология, 1979, № 5, с. 100—105.

Проведено сопоставление морфологических особенностей бадделита из коренных карбонатитов, их кор выветривания и россыпей Украины с различными породами других регионов. Показана возможность использования бадделита и его типоморфных свойств в качестве одного из критериев поисков новых карбонатитовых массивов. Отличие бадделита из россыпей Волины от бадделита карбонатитовых комплексов позволяет предполагать наличие другого материнского источника этого минерала некарбонатитового происхождения — габбро-анортозитов — в северо-западной части Украинского щита. Выделены перспективные площади на территории УССР для поисков карбонатитов.

Табл. 1, ил. 2, список лит.— 26 назв.

УДК 550.85 : 549.514.51

Опыт использования термобарогеохимических данных при оценке хрусталоносных месторождений/Л. Н. Хетчиков, Б. А. Дороговин, Р. В. Вязовова и др.— Сов. геология, 1979, № 5, с. 105—112.

Комплексными термобарометрическими и минералогическими методами установлены признаки хрусталоносности минерализованных кварцевых зон. Установлены особенности температур минерализации и физико-химических свойств гидротермальных растворов для хрусталоносных и непродуктивных минерализованных зон. Рекомендованы методы геохимических поисков хрусталоносных месторождений, основанные на вертикальной зональности в распределении геохимических ореолов ряда элементов и изменении минеральных форм нахождения руды в пределах хрусталоносных зон.

Табл. 3, ил. 2, список лит.— 7 назв.

УДК 551.263 : 552.56 : 551.7+553.31(470.323)

Шилов В. И., Демченко П. П. Железисто-кремнисто-сланцевая формация Фатеевской структуры КМА и ее рудоносность.— Сов. геология, 1979, № 5, с. 112—118.

Анализ результатов геологоразведочных работ, проведенных в районе Фатеевской аномальной полосы, показал, что стратиграфический разрез железорудной толщи здесь имеет трехчленное строение, а вещественный состав и петрохимические характеристики пород аналогичны таковым средней курской свиты нижнего протерозоя. Новый фактический материал свидетельствует не о железисто-мембранной природе сланцев и магнетитовых кварцитов, составляющих эту полосу, а о развитии типичной для КМА железисто-кремнисто-сланцевой формации, метаморфизованной до амфиболитовой фации. Учитывая хорошую обогатимость железистых кварцитов Фатеевской структуры и близость ее к горнорудным предприятиям Михайловского железнорудного района, можно считать этот участок интересным для детальной разведки и промышленного освоения.

Табл. 2, ил. 3, список лит.— 9 назв.

Contents

Socialist obligations of organizations and enterprises of the USSR Ministry of Geology for 1979 3

Fomin V. M.

Hydrogeology in agriculture 8

Tulyaganov Kh. T., Il'in V. D., Ibragimov, A. G., Kaesh Yu. V., Rakhimov A. K., Ubaikhodzhaev T. I.

Upper Jurassic reefs composing the main oil- and gas-bearing complex of Uzbekistan 17

Valeev R. N., Yudin G. T., Gismatullin R. M., Steingolts V. L.

Bitumen-, oil and gas-bearing basins and evaluation of natural bitumen resources of the USSR 34

Ryzhov B. V.

On transformation of placers composed of minerals transportable for small distances 46

Lugov S. F., Bakulin Yu. I., Vasilenko V. P., Krylova V. V., Laurik N. I.

Rational complex of methods in exploration and evaluation of tin ore deposits in the eastern part of the USSR 56

Andreeva O. V., Golovin V. A.

Metasomatic processes in uranium deposit 65

BRIEF REPORTS

Belyaevsky N. A., Mezentsev A. M., Mstislavsky M. M., Olofinsky L. N.

Deep structure of the western part of the Touran Platform 76

Druzhinin V. S., Postnikova A. M., Rybalka V. M., Khalevin N. I., Sharmanov L. N.

Structure of the upper part of the Earth's crust in the Krasnouralsk profile (deep seismic sounding) 82

Morakhovskaya E. D., Khranova S. N.

Formation conditions of Triassic sediments in the Kolvinsk Megawell (Petchorsk Syncline) 88

Khorin G. I., Myasnikov I. F.

Geological and economic efficiency of lithochemical prospecting methods 94

Osadtchy V. K., Stadnik V. A., Shramenko I. F.

Utilization of baddeleyite in exploration of carbonatites 100

Hetchikov L. N., Dorogovin B. A., Vyazovova R. V., Bydaeva N. I., Komov I. L., Nosov S. F.

Utilization of thermobarogeochemical data in evaluation of rock crystal-bearing deposits 105

Shilov V. I., Demchenko P. P.

Ferruginous chert formation of the Fateev structure in the Kursk magnetite anomaly area and its ore content 112

SCIENTIFIC CHRONICLE

Dolivo-Dobrovolsky A. V., Proskuryakov V. V., Frantov G. S.

On geologo-geophysical test fields and reservations in the north-western part of the RSFSR 119

CRITIQUE AND BOOK REVIEWS

Tvaltchrelidze G. A., Borodaevskaya M. B., Krivtsov A. I.

On monograph "Principles of prediction and evaluation of mineral deposits" 123

Цена 1руб.

70824

СОВЕТСКАЯ ГЕОЛОГИЯ. 1979, № 5, 1-128