

ISSN 0038-5069

# Советская геология



## 2/1991

Статистическая оценка прогнозных ресурсов  
Рудная специализация фанерозойских  
черных сланцев  
Щелочные плутоны  
Основы мониторинга геологической среды  
Сеймостратиграфические исследования

# ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР КОНЦЕРНА «ГЕОЛОГОРАЗВЕДКА»

## ПРЕДЛАГАЕТ

СОВЕТСКИМ ОРГАНИЗАЦИЯМ И ЗАРУБЕЖНЫМ ФИРМАМ  
**ЭКСПРЕССНОЕ ВЫДЕЛЕНИЕ**  
**ПО МАТЕРИАЛАМ КОСМИЧЕСКИХ СЪЕМОК**  
ПОТЕНЦИАЛЬНО РУДОНОСНЫХ ПЛОЩАДЕЙ  
РАНГА РУДНЫХ ПРОВИНЦИЙ, РАЙОНОВ И УЗЛОВ  
ДЛЯ ЛЮБЫХ ВИДОВ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ ВО ВСЕХ ЧАСТЯХ СВЕТА

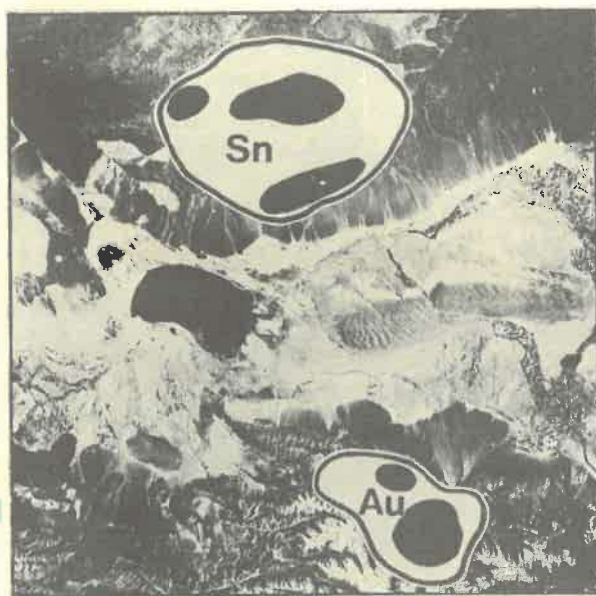
Прогнозирование осуществляется  
в разных масштабах и с использованием разнообразных дистанционных  
материалов в зависимости от поставленной задачи

### Эффективность работ обеспечивается:

- высококачественными космическими материалами на любой участок земной поверхности с советских носителей;
- высокой квалификацией исполнителей, обладающих большим опытом работ с материалами космических съемок в геологических целях;

- современными способами обработки материалов космических съемок визуальными и компьютерными методами;
- оригинальными методами металлогенического районирования и геолого-геофизической интерпретации

Высокая экономическая эффективность предлагаемых методов  
определяется сокращением сроков и стоимости работ  
по сравнению с традиционными методами



По всем вопросам обращаться по адресу:  
СССР, 113095, Москва, ул. Большая Полянка, 39, "ГЕОЭКОЦЕНТР"  
телефон: 238-06-43 телетайп: 113892 ГОТИКА



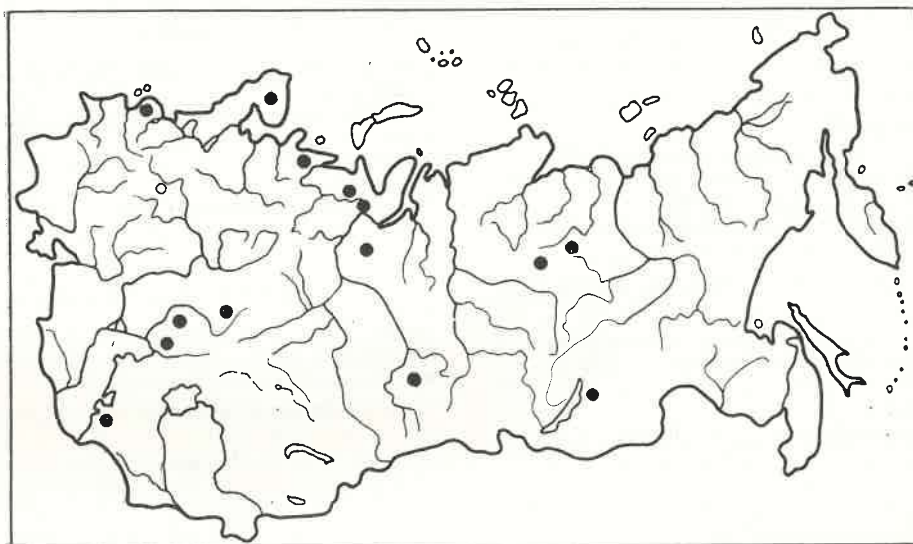
# Советская геология

Ежемесячный научный журнал

Министерства геологии СССР  
Всесоюзного научно-технического  
геологического общества

2/1991

Основан в марте 1933 года



## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор А. И. КРИВЦОВ

Ю. И. Бакулин, Г. Р. Бекжанов, Э. К. Буренков, В. С. Быкадоров, Н. Н. Ведерников, И. Ф. Глумов, И. С. Грамберг, Т. В. Джанелидзе, Р. В. Добровольская (зам. главного редактора) А. Н. Еремеев, В. А. Ерхов, А. И. Жамойда, А. Н. Золотов, Е. Н. Исаев, А. Б. Каждан, В. И. Казанский, Л. И. Красный, Н. В. Межеловский, В. А. Нарсеев, Л. Д. Овчининская (отв. секретарь), В. А. Петров, Д. А. Родионов, А. Ю. Розанов, Г. В. Ручкин, Е. И. Семенов, В. В. Семенович, В. С. Сурков, К. И. Сычев, В. П. Федорчук, А. А. Шпак, А. Д. Щеглов (зам. главного редактора), В. А. Ярмолук



МОСКВА «НЕДРА»

# Содержание

## МЕТОДОЛОГИЯ, ЭКОНОМИКА, ОРГАНИЗАЦИЯ

- Каргер М. Д., Сандомирский С. А., Светлов С. А.  
Статистическая оценка прогнозных ресурсов в различных информационных ситуациях детальных поисков . . . . . 3

## ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ СЫРЬЕ

- Бакиров К. Х., Даумов С. Г., Жуйков О. А.  
Прогноз нефтегазоносности и районирование зилаирской свиты востока Прикаспийской впадины . . . . . 11
- Дальян И. Б., Булекбаев З. Е., Абаханов А. А.  
Гидрогеологические и гидрогеохимические условия подсолевых нефтегазовых месторождений восточной окраины Прикаспийской впадины . . . . . 19
- Гольдберг И. С., Мицкевич А. А., Лебедева Г. В., Солодухин В. П.  
Состав и рудная специализация фанерозойских черных сланцев . . . . . 23

## РУДНОЕ И НЕРУДНОЕ МИНЕРАЛЬНОЕ СЫРЬЕ

- Петруха Л. М.  
Формы рудных тел медноколчеданных месторождений . . . . . 30
- Жидков А. Я., Зотова И. Ф.  
Сравнительный анализ Сынырского и Хибинского щелочных плутонов . . . . . 37

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ТЕКТНИКА

- Запорожцева И. В., Пыстин А. М.  
Слонсто-блоковая модель дофанерозойской литосферы европейского Севера СССР . . . . . 45
- Попков В. И.  
Складчато-надвиговые дислокации п-ова Бузачи . . . . . 50

## МИНЕРАЛОГИЯ, ПЕТРОГРАФИЯ, ЛИТОЛОГИЯ

- Секерин А. П., Меньшагин Ю. В., Лашенцов В. А.  
Рифейские базитовые формации Урикско-Туманшетской зоны Присаянья . . . . . 58

## ГЕОФИЗИКА И ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ

- Парасына В. С., Стенина В. А., Ласкина Н. С., Васильев В. В., Федотов С. Л.  
Сейсмостратиграфические исследования в Центральнорейверской рифогенной зоне . . . . . 65

## ГЕОЭКОЛОГИЯ

- Зарубинский Я. И.  
Основы мониторинга геологической среды в зонах воздействия угледобывающих предприятий . . . . . 72

## НАУЧНЫЕ ОТКРЫТИЯ И ИЗОБРЕТЕНИЯ

- Потоцкий В. В., Тыминский В. Г., Цехмистренко Н. М.  
Научные открытия в области геологии и их роль в ускорении научно-технического прогресса . . . . . 79
- Фролов Н. М.  
Основные гидрогеологические идеи на уровне научных открытий . . . . . 86

## ДИСКУССИИ, ОБСУЖДЕНИЯ

- Бурдэ А. И., Столпнер М. Н.  
Методологические основы формирования прогнозно-поисковых моделей . . . . . 88
- 80-летие Виктора Григорьевича Гарьковца . . . . . 93
- 85-летие Ольги Денисовны Русановой . . . . . 94

Художественный редактор А. А. Хромова  
Технический редактор С. Г. Веселкина  
Корректор Г. П. Бергун

Сдано в набор 21.12.90. Подписано в печать 22.01.91. Формат 70×108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага книжно-журнальная. Печать высокая. Усл. печ. л. 8,4. Усл. кр.-отт. 9,1.  
Уч.-изд. л. 10,35. Тираж 2285 экз. Заказ № 576. Цена 1 р. 60 к.

Адрес редакции: 123812, Москва, Бол. Грузинская, 4/6  
Телефоны: 254-60-72, 254-29-56  
Ленинградская картографическая фабрика ВСЕГЕИ  
199178, Ленинград, Средний пр., 72

© Издательство «Недра», «Советская геология», 1991



**Статистическая оценка прогнозных ресурсов в различных информационных ситуациях детальных поисков**

М. Д. КАРГЕР (ИГЕМ), С. А. САНДОМИРСКИЙ,  
С. А. СВЕТЛОВ (ЦНИГРИ)

Задача оценки прогнозных ресурсов возникает на всех стадиях геологоразведочного процесса. До недавнего времени на поисковой стадии было достаточно качественного решения этой задачи в виде ответа на вопрос: «мелкий, средний или крупный объект обнаружен при поисках?». Опытный геолог-эксперт может это сделать в результате изучения отдельных проявлений рудной минерализации или ситуации на геологической карте и сравнения их с уже известными ему объектами. На поисковой стадии, в сущности, такую же точность дают и известные методики интерпретации геохимических и геофизических аномалий, использующие решения прямых задач геофизики и геохимии, когда они применяются на слабо изученных объектах. В последние годы широкое распространение получили работы по оценке прогнозных ресурсов на основе различных модификаций методов автоматической классификации и распознавания образов [3]. Однако в этих исследованиях, как правило, не обращается внимание на часто резко различную степень изученности эталонов и оцениваемых объектов. В итоге получаются решения с непредсказуемыми погрешностями, т. е., по сути дела, и в этом случае можно говорить лишь о качественных оценках ресурсов.

В связи с внедрением рыночных отношений в геологической отрасли, которое происходит на фоне сокращающихся ассигнований, возрастает актуальность получения более дифференцированных, количественных оценок прогнозных ресурсов — главным образом в классах мелких и средних объектов в силу большей исчерпанности крупных и уникальных месторождений. Естественно, что в первую очередь такие оценки требуются на стадии детальных поисков.

Судя по публикациям именно задаче получения количественных оценок прогнозных ресурсов при крупномасштабных работах уделяется наименьшее внимание. Причина этого, по-видимому, в том, что данная задача пока стояла не столь остро и, кроме того, давая количественные оценки, исследователь берет на себя повышенную ответственность за прогноз.

Обсуждаемая задача имеет ряд особенностей, отличающих ее от оценки ресурсов на других геологоразведочных стадиях. Поисковые работы проводятся в пределах одного рудного района, в котором может быть несколько хорошо изученных (эталонных) рудных объектов и сравнительно большое число объектов неясной перспективности, выявленных по данным геологических, геохимических и геофизических съемок соответствующих масштабов. Причем часто есть основания рассматривать все рудные объекты одного района как геологически однотипные. Каждый объект может быть охарактеризован теми или иными параметрами геополей, коррелированными с запасами. Но, если эти параметры применять индивидуально, то они не дают удовлетворительной точности прогноза. В этих обстоятельствах единственный путь решения задачи — использование многомерных статистических методов, которые оперируют всей суммой данных по всем объектам и благодаря этому позволяют усилить надежность оценки ресурсов каждого отдельного объекта прогноза. Этот путь и будет предметом дальнейшего рассмотрения. В основу излагаемых статистических процедур положена модель единой совокупности рудоносных объектов, которая, согласно М. Д. Каргеру (1979), наиболее адекватна данной задаче.

**Информационные ситуации.** При геологоразведочном процессе в конк-

ретном рудном районе устанавливаются определенные соотношения между параметрами сетей наблюдений и размерами прогнозируемых объектов, между числом эталонных и неэталонных объектов, между числом эталонных объектов и возможным числом прогнозных признаков. Совокупность этих и других факторов изученности будем называть информационной ситуацией. Информационная ситуация (ИС) в значительной мере обуславливает пути решения задачи: предварительную корректировку первичных данных, способы получения прогнозных признаков, выбор алгоритма прогноза и т. п. На ход геологоразведочного процесса влияют самые разные обстоятельства, поэтому возникает много различных ИС. Опираясь на три рассматриваемых ниже фактора, можно предложить принципы классификации ИС и указать ориентиры в выборе тактики решения прогнозной задачи. Для краткости записи введем следующие обозначения: факторы ИС будем обозначать буквенными символами, конкретные реализации факторов — буквенными индексами, а всю ИС в целом — строкой таких символов, заключенной в квадратные скобки.

1. Фактор «М» — охарактеризованность эталонов и объектов оценки съемками одного ( $M_o$ ) или разных ( $M_p$ ) масштабов. Этот фактор важен при анализе однородности выборки рудоносных объектов. Если разные объекты закартированы одним и тем же методом, но в разных масштабах (реализация  $M_p$ ), то, как будет показано ниже, получаемые по результатам этих съемок прогнозные признаки могут оказаться неравноточными. В этом случае необходимы специальные масштабирующие процедуры, ненужные при одномасштабности съемок (реализация  $M_o$ ).

2. Фактор «П» — плотность системы наблюдений по отношению к площади наиболее мелких объектов. Этот фактор нужно учитывать при выборе того или иного способа преобразования исходных данных, их «свертки» в признаки, на которых базируется прогноз. Будем считать высокой ( $P_v$ ) плотность, позволяющую оконтуривать геохимические и геофизические аномалии, восстанавливать их форму, и низкой ( $P_n$ ) — такую плотность системы наблюдений, при которой объекты на-

ходятся на пределе ее разрешающей способности. В случае  $P_v$  непосредственно «работает» классическое понятие аномалии поля (полезный сигнал на фоне помех). В случае  $P_n$  оно оказывается непродуктивным, и для получения прогнозных признаков приходится использовать иные представления об аномальности полей, связанной с рудоносностью (см. ниже).

3. Фактор «Р» — размерность задачи, определяемая соотношением между числом эталонов и числом признаков. Фактор Р обуславливает выбор алгоритма прогнозной оценки. Если число эталонов больше числа признаков в 2—3 и более раз, то размерность достаточно низка ( $P_n$ ), и тогда можно строить прогнозное правило непосредственно по эталонам. Этот путь невозможен при высокой размерности задачи ( $P_v$ ). Оба эти случая также рассматриваются ниже.

Чтобы не быть голословными, на конкретных примерах покажем пути решения задачи в двух достаточно распространенных информационных ситуациях [ $M_p, P_v, P_v$ ] и [ $M_o, P_n, P_n$ ].

*Сравнительная оценка степени перспективности аномальных участков Белокано-Закатальского рудного района (информационная ситуация [ $M_p, P_v, P_v$ ]).* Район приурочен к выходам терригенных нижне- и среднеюрских толщ восточного сегмента мегантиклинория Главного Кавказского хребта. В районе известны несколько медно-колчеданно-полиметаллических месторождений и рудопроявлений. Серноколчеданная, колчеданно-полиметаллическая и медно-пирротиновая рудная минерализация локализуется в крутопадающих линзо-, жило- и плитообразных телах субширотного простирания. На момент проведения исследований в районе были известны и хорошо изучены 4 месторождения, рассматриваемые ниже как эталоны: Филизчайское, (С. Б. Зильфугаров и др., 1968, Н. К. Курбанов и др., 1974, Н. К. Курбанов и др., 1977). В качестве эталона было привлечено и месторождение Кизил-Дере (Ю. П. Андреев и др., 1970), расположенное восточнее Белокано-Закатальского района, т. к. по составу рудовмещающих толщ, минеральному составу руд и морфологии рудных тел его можно считать аналогом вышеназванных месторождений.

Задача состояла в оценке ресурсов 22 аномальных участков, выявленных в результате комплексных поисково-съемочных работ масштабов 1 : 25 000 и (на части территории) 1 : 10 000. При прогнозировании мы опирались на 5 вышеупомянутых эталонных объектов. По каждому аномальному и эталонному участку имелись данные электро-разведки по методу естественного электрического поля (ЕП) и литохимии по открытым остаточным ореолам рассеяния. Плотность наблюдений и контрастность аномалий, выявленных съемками указанных масштабов, не всегда достаточны для количественной интерпретации аномалий, но приемлемы для того, чтобы на каждом участке оконтурить их и получить оценки следующих параметров, которые в данном районе могут быть информативны относительно масштабов оруденения:

$$C_{Cu}, C_{Pb}, C_{Zn}, P_{Cu}, P_{Pb}, P_{Zn}, p, E, \\ Q, L_r, L_e, L_p, \quad (1)$$

где  $C$  и  $P$  — соответственно максимумы концентраций (%) и площадные продуктивности ( $m^2 \cdot \%$ ) вторичных остаточных ореолов;  $p = P_{Cu} + P_{Pb} + P_{Zn}$ ,  $E$  — минимум аномалии ЕП (мВ);  $Q$  — интеграл по аномалии ЕП ( $m^2 \times mB$ );  $L_r, L_e$  — суммарные длины осей литохимических аномалий и аномалий ЕП (м);  $L_p$  — расстояние от центра участка до ближайшего глубинного разлома. Важно отметить, что здесь мы имеем реализацию  $P_b$  (фактора  $P$ ), при которой можно получить интегральные ( $P, Q$ ) и линейные ( $L_r, L_p$ ) прогнозные признаки.

Оценка ресурсов — задача, решаемая в условиях неоднородности материала и значительного дефицита информации. Поэтому она должна предваряться коррекцией исходных данных и отбором объектов прогнозирования, включающих процедуры: анализ однородности исходного материала и подавление неоднородности, отбор признаков, наиболее информативных в данной задаче, выбор первоочередных объектов прогнозирования путем сравнительной оценки перспективности аномальных участков. Кратко изложим эти процедуры, попутно останавливаясь на наиболее важных теоретических аспектах.

**Подавление неоднородности материала.** Анализ данных по эталонным

участкам показал, что первоначально полученные величины (1) следует рассматривать лишь как начальное приближение к информативным признакам, необходимым для решения задачи, т. к. выборка 27 участков в пространстве этих признаков оказалась неоднородной. Установлены два источника неоднородности: ландшафтно-геохимическая изменчивость и разномасштабность съемок.

Действие первого проявляется в том, что при переходе от одного участка к другому и даже в пределах одного участка значительно меняются условия формирования вторичных остаточных ореолов рассеяния — следствие изменчивости геохимических ландшафтов, имеющих сложную историю развития. Так, коэффициент остаточной продуктивности ( $k$ ) меди варьирует здесь от 1 в скальных ландшафтах до 0,1 на пенепленизированных водоразделах. В итоге выборка 27 объектов распадается по значениям  $k$  на ландшафтно-приуроченные подвыборки. Эта неоднородность была устранена путем косвенной оценки коэффициентов  $k$  и внесения соответствующих поправок в величины  $P$  (1). Теоретическое обоснование и методика косвенной оценки даны в [2].

Второй источник неоднородности более типичен для рудных районов страны (обозначен выше как реализация  $M_p$ ). Он обусловлен случайным цензурованием рудоносных объектов, которое происходит при поисках по дискретным съемочным сетям [1]. Известно, что вероятность выявления того или иного объекта зависит от ИС. В общем случае эта вероятность различна для разных сетей. В результате параметры эмпирического распределения рудных объектов (их размеров, а также тех признаков, которые коррелированы с размерами) оказываются подчинены характеристикам сети.

О значимости этой неоднородности свидетельствует рис. 1. Здесь медианы трех распределений длин осей аномалий ЕП находятся в соотношении 1 : 2 : 5 — что отвечает соотношению масштабов съемок, в каких они были закартированы (5000 : 10 000 : 25 000). В [1] приведены результаты статистического анализа этих и ряда других данных, из которых отметим следующие. Эмпирическая функция каждого из распределений рис. 1 имеет изломы



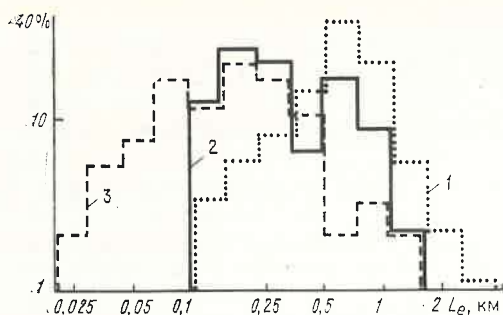


Рис. 1. Гистограммы плотности длин осей аномальных ЕП по данным съемок масштабов 1:25 000 (1), 1:10 000 (2) и 1:5000 (3)

в двух точках, где значения  $L$  приблизительно равны однократному и удвоенному расстоянию между профилями соответствующей сети (на рис. 1 им отвечают области перехода от боковых ветвей гистограмм к центральному «плато»). В целом эти распределения удовлетворительно описываются лог-нормальной моделью, имеют разные средние и статистически неразличающиеся дисперсии.

Аналогичные статистические выводы сделаны и в отношении величин  $P$ ,  $Q$ ,  $L_r$ ,  $L_e$  в (1) для рассматриваемых 27 объектов. Неразличимость дисперсий облегчила устранение расхождений средних, необходимое постольку, поскольку мы совместно рассматриваем разномасштабные данные. Значения  $P$ ,  $Q$ ,  $L_r$ ,  $L_e$ , полученные по данным съемок масштаба 1:10 000, приведены к масштабу 1:25 000 путем домножения на константы, равные отношению соответствующих геометрических средних. Окончательно в качестве признаков взяты логарифмы модулей величин (1), полученных после вышеописанной коррекции; обозначения (1) сохранены.

**Отбор информативных признаков.** Устранением неоднородности последствий случайного цензурирования не исчерпываются. Одним из неустраиваемых последствий является резко различная изученность — обстоятельство, затрудняющее использование в рассматриваемой задаче таких распространенных статистических подходов, как классификация «месторождения/неместорождения» или регрессия признаков на запасы, построенная на эталонах. Другое неустраиваемое следствие — специфическая структура выборки на шкале запасов, возникающая из-за того, что на всех стадиях геологоразведочного про-

цесса происходит селективный отбор сравнительно крупных объектов; подвыборка эталонов оказывается смещена в сторону больших запасов. Но эту особенность можно использовать для отбора признаков, информативных относительно степени рудоносности. Действительно, если под информативностью понимать коррелированность того или иного признака с запасами, то из множества признаков наиболее информативными следует признать то подмножество, в котором достигается максимум разобщенности эталонных и неэталонных объектов. Этот критерий реализован в описываемом ниже алгоритме отбора признаков.

Представим  $n$  объектов, охарактеризованных  $t$  признаками, как  $n$  точек  $X_1^*, \dots, X_m^*, X_{m+1}, \dots, X_n$  в  $t$ -мерном признаковом пространстве;  $m$  первых точек отвечают эталонам, а  $n-m$  последних — оцениваемым неэталонным объектам. В качестве характеристик информативности в алгоритме используются величины

$$C = \frac{n}{m} \sum_{j=1}^m \rho^2(X_j^*, \bar{X}) / \sum_{i=1}^n \rho^2 \times (X_i, \bar{X}); \quad (2)$$

$$D = \frac{m(m+1)}{n(n-1)} \sum_{i>j=1}^n \rho^2 \times (X_i, X_j) / \sum_{i>j=1}^m \rho^2(X_i^*, X_j^*);$$

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n X_i / n;$$

$$\rho^2(X, Y) = (X - Y)^T S^{-1} (X - Y), \quad (3)$$

где  $\bar{X}$  — выборочное среднее,  $\rho^2(X, Y)$  — обобщенное расстояние, для которого ковариационная матрица  $S$  вычисляется по всей выборке (в соответствии с принятой нами моделью генеральной совокупности рудоносных объектов).

Величина  $C$  в (2) представляет собой отношение среднего расстояния эталонов до центра  $\bar{X}$  к среднему расстоянию до  $\bar{X}$  по всей выборке;  $D$  есть отношение среднего из всех внутривыборочных расстояний к среднему расстоянию между эталонами, т. е.  $C$  характеризует разобщенность, а  $D$  — компактность подвыборки эталонов. В алгоритме осуществляется отбор «сверху» таких признаков, которые реализуют

$$\max(C) \text{ и } \max(D). \quad (4)$$

**Сравнительная оценка степени рудоносности.** Следуя традиционному геологическому принципу аналогии, естественно считать, что степень рудоносности того или иного аномального участка тождественна степени его сходства с эталонами, если это сходство измеряется в пространстве информативных признаков. В качестве меры сходства оцениваемого объекта  $X_i$  с эталоном  $X_j^*$  взято нормализованное обобщенное расстояние

$$a_{ij} = [e_{n-t-2} T_{ij}^{2/3} - e_t] [t^{-1} + (n-t-2)^{-1} T_{ij}^{4/3}]^{-1/2}, \quad (5)$$

где  $e = 3/\sqrt{2} - \sqrt{2}/(3k)$ ;  $k = t$ ,

$$n - t - 2;$$

$$T_{ij}^2 = (n-t) \rho^2(X_i, X_j^*) / [2(n-1)t];$$

$\rho^2(\dots)$  — расстояние (3), в котором матрица  $S$  получена по всем элементам выборки, за исключением  $X_i$  и  $X_j^*$ . Согласно Т. Андерсону (1963), Т. Келли (1966), величина (5) принадлежит нормальному распределению, если нормальна исходная совокупность. Стандартизованное среднее

$$A = 1/\sqrt{m} \sum_{j=1}^m a_{ij} \quad (6)$$

принято за меру сходства  $X_i$  со всеми  $m$  эталонами. Чем ближе к ним  $X_i$ , тем большие отрицательные значения принимает (6).

В данной задаче важна не только близость объекта к эталонам, но и его положение в признаковом пространстве относительно центра выборки  $\bar{X}$ . Этой цели служит дополняющая (6) характеристика положения  $X_i$ ,  $X_j^*$  и  $\bar{X}$ :

$$b_{ij} = [1 + (\rho^2(X_i, \bar{X}) - \rho^2(X_i, X_j^*)) / \rho^2(X_i, X_j^*)]^{1/2}. \quad (7)$$

Значение (7) отрицательно, если  $X_i$  и  $X_j^*$  лежат «по разные стороны» от  $\bar{X}$ , равно 0, если  $X_i = \bar{X}$  и принимает значения больше 1, если  $X_i$  удален от  $\bar{X}$  дальше, чем  $X_j^*$ , и в направлении  $X_j^*$ . Среднее из значений (7),

$$B = \sum_{j=1}^m b_{ij} / m \quad (8)$$

принято за меру положения  $X_i$  относительно центра и всех эталонов.

На мерах (6) и (8) базируется следующий критерий степени перспектив-

ности оцениваемого объекта:  $i$ -й объект признается перспективным, если

$$A_i < 0 \text{ и } B_i > 0 \text{ или } A_i < \max_{1 \dots m} A_j \times (A_j) \text{ и } B_i > \min_{1 \dots m} (B_j). \quad (9)$$

Согласно критерию (9) в разряд перспективных попадают те объекты, которые в признаковом пространстве находятся либо «внутри» подвыборки эталонов, либо, если вне ее, то наиболее близко к ним и далеко от центра выборки.

Оценка ресурсов выполняется по непараметрическому алгоритму, который использует статистики критериев сдвига и масштаба, основанные на превышающих наблюдениях (критерии Хага и Камата (Я. Гаек, З. Шидак, 1971)). Для одномерной выборки  $X_1^*, \dots, X_m^*, X_{m+1}, \dots, X_n$  эти статистики имеют вид:

$$u = h + g - h' - g'; \\ v = h + g' - h' - g, \quad (10)$$

где  $h$  и  $g'$  обозначают количество элементов среди  $X_1^*, \dots, X_m^*$ , соответственно больших, чем  $\max(X_i)$ , и меньших, чем  $\min(X_i)$ , а  $h'$  и  $g$  обозначают количество элементов среди  $X_{m+1}, \dots, X_n$ , соответственно больших, чем  $\max(X_j^*)$ , и меньших, чем  $\min(X_j^*)$ . Величина  $u$  является мерой разобщенности, а  $v$  — мерой различия дисперсий. Алгоритм, использующий меры (10), оперирует ранее отобранными информативными признаками и выполняется пошаговым способом. На каждом шаге рассматривается плоскость двух признаков и находится их линейная комбинация, реализующая максимум  $u$  в направлении «эталон — неэталон» и минимум  $u$  и  $v$  в перпендикулярном направлении. На следующем шаге эта комбинация используется как новый признак. В результате возникает комбинация информативных признаков, которая согласно вышесказанному коррелирована с запасами. Последний шаг — построение линейной регрессии запасов на эту линейную комбинацию по эталонным объектам. Прогноз ресурсов выполняется только для объектов, признанных по (9) перспективными.

**Схема решения задачи и результаты.** Поскольку оценка прогнозных ресурсов относится к разряду некорректных задач, ее решение на каждом эта-

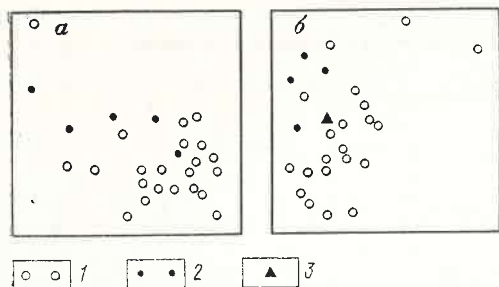


Рис. 2. Нелинейные проекции совокупности рудоносных объектов на плоскость: для полного (а) и информативного (б) наборов признаков:

1 — объекты неясной перспективности; 2 — эталоны; 3 — эталон-тест

не желательно подвергать внутреннему экзамену. На всех этапах решения целесообразно кроме основного варианта задачи, где задействованы все  $m$  эталонов, рассматривать контрольные варианты, в каждом из которых один из эталонов условно полагается объектом, подлежащим оценке («эталон-тест»). Кроме того, при отборе информативных признаков полезен визуальный анализ структуры многомерной выборки, осуществляемый с помощью различных методов проецирования из многомерного пространства на плоскость. Нами использован алгоритм нелинейного проецирования [4], достоверно отображающий сложные многомерные структуры.

По сравнению с исходным набором (1), в пространстве которого эталоны широко рассеяны по всей совокупности (рис. 2, а), отобранные признаки (рис. 2, б) более информативны как в основном, так и в контрольном варианте (в пространстве информативных признаков эталоны образуют более компактную группу и среди них же находится эталон-тест). Итоговая информативная линейная комбинация в основном варианте имеет вид:

$$q_1 = 0,27 P_{Cu} + 0,78 C_{Cu} + 0,35 C_{Pb} + 0,87 L_e - 0,42 L_p. \quad (11)$$

Для сравнения приведем комбинацию, полученную в контрольном варианте:

$$q_2 = 0,69 C_{Cu} + 0,39 C_{Pb} - 0,09 Q + 0,56 L_e - 0,21 L_p - 0,14 L_r.$$

На рис. 3, где значения (11) сопоставлены с запасами в эталонах, приведен прогноз ресурсов двух аномальных участков, которые согласно алгоритму

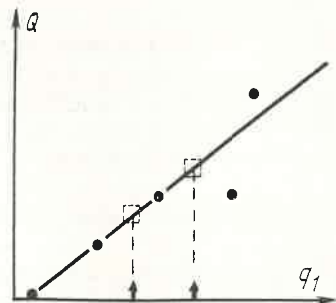


Рис. 3. Регрессия запасов эталонов  $Q$  на информативную комбинацию признаков  $q_1$ :

стрелками показаны значения  $q_1$  для двух перспективных участков

(9) признаны наиболее перспективными.

Справедливость этих результатов была подтверждена в контрольных вариантах задачи: в каждом из них в числе перспективных оказались указанные на рис. 3 участки и эталон-тест, так что, если бы в период описываемых исследований любой из эталонов не был известен как таковой, то использование изложенной методики позволило бы правильно оценить его перспективность. Разведочными работами подтвержден положительный прогноз на обоих участках, признанных перспективными, и отрицательный — для ряда неперспективных участков.

Оценка прогнозных ресурсов золото-кварцевых рудных объектов Западного Узбекистана (информационная ситуация  $[M_e, P_n, R_n]$ ). Рудоносная зона сложена терригенными породами нижнего палеозоя, простирающимися в запад-северо-западном направлении. Рудная минерализация представлена маломощными (до первых метров) кварцевыми жилами (размеры по падению и простиранию от первых десятков до первых сотен метров) с вкрапленностью золота и переменным (относительно небольшим) количеством сульфидов. В пределах зоны поисково-съемочными работами выявлено и околонуено более 20 перспективных участков, 8 из которых прошли стадию предварительной разведки и выступают в роли эталонов. Рудоносные участки контролируются субширотными зонами смятия.

Из всех видов площадных инструментальных съемок только наземная магнитометрия масштаба 1:50 000 и



электроразведка методом ЕП масштаба 1:25 000 покрывали как эталоны, так и все объекты неясной перспективности. Причем, если в отношении магнитометрической съемки имела место реализация  $M_0$ , то съемка методом ЕП проводилась с разными расстояниями между профилями (500 м в западной и 250 м в восточной частях зоны), т. е. имела место реализация  $M_p$ . Соотношение размеров прогнозируемых объектов и параметров системы наблюдений (250—500 м между профилями и 25—50 м между пикетами на профилях) — реализация  $\Pi_n$ , отсутствие видимой пространственной связи рудных объектов с аномалиями полного вектора магнитного поля ( $\Delta T$ ) и потенциала ЕП и достаточно большое число эталонов — реализация  $P_n$  — позволяють отнести данную информационную ситуацию к типу [ $M_{0(p)}$ ,  $\Pi_n$ ,  $P_n$ ].

В этой ИС резко возрастают ошибки оконтуривания аномалий и возникают часто непреодолимые трудности в оценке их параметров. Поэтому в отличие от ситуации первого примера здесь нельзя использовать интегральные или линейные характеристики полей в качестве прогнозных признаков. Тем не менее прогнозируемые объекты проявляются в аномалиях «шероховатости» поля, таких как локальные высокие выбросы, более интенсивная изрезанность и т. п., то есть в данном случае аномалии следует описывать теми или иными дифференциальными характеристиками. При этом нас, естественно, интересуют те характеристики «шероховатости», которые коррелированы с запасами рудных объектов. Опыт показывает, что в данной ИС для магнитного и электрического полей ими могут служить непараметрические оценки локальной дисперсии поля — величины типа размаха между экстремальными значениями, межквартильной ширины, а также приращения или отношения этих величин в контуре прогнозируемого объекта и в его ближайшей окрестности. Отметим также, что дифференциальные характеристики, менее чувствительные к разномасштабности съемок, избавили нас от необходимости решать задачу масштабирования данных съемки методом ЕП.

В пользу коррелированности локальной дисперсии поля с запасами свидетельствуют также результаты геолого-

структурных исследований. Их основной вывод заключается в том, что на изучаемой территории наиболее крупные рудные объекты приурочены к участкам зон смятия с максимально неоднородным внутренним строением, а мелкие — к участкам этих зон с более простым строением или к опоясывающим их структурам. Повышенная неоднородность выражается максимальной виргацией зоны, появлением крупных будин слабобассланцованных пород, большим разнообразием складчато-разрывных структур. Участки неоднородного строения, как правило, контролируются пересечением зон смятия с поперечными структурами. Эти неоднородности геологического строения, соизмеримые с рудными объектами, отражаются именно в аномалиях дисперсии геофизических полей.

**Формирование прогнозных признаков.** В качестве оценки локальной дисперсии магнитного поля использовано приращение размаха ( $R$ ) полного вектора  $\Delta T$  на том или ином рудоносном участке по отношению к размаху на локальном фоне:

$$\Delta R = R_{\max} - R_{\text{фон}},$$

где  $R_{\max} = \max R_{\Delta T}$ ;  $R_{\Delta T} = \Delta T_{\max} - \Delta T_{\min}$ ;  $R_{\Delta T}$  вычисляются по значениям поля на отрезках двух соседних профилей в пределах рудоносных зон в контурах рудоносного участка,  $R_{\text{фон}}$  — определяется как медиана размаха в частях рудной зоны, непосредственно за контурами рудоносного участка. Вычитание фонового размаха устраняет влияние зависимости размаха от значений поля и обеспечивает локальность оценки. Зависимость  $\Delta R$  от степени рудоносности эталонных объектов показана на рис. 4, а.

Как известно, метод естественного потенциала (ЕП) более, чем магнитометрия, чувствителен к локальным условиям измерений, в частности к ландшафтным и погодноклиматическим условиям. Поэтому экстремальные значения потенциала, а соответственно и его размахи зачастую обусловлены локальными изменениями условий измерения. В связи с этим в качестве характеристики дисперсии поля естественного потенциала ( $U_{\text{ЕП}}$ ), малочувствительной к его экстремальным значениям, использована межквартильная широта ( $s_v$ ), вычисленная по значени-

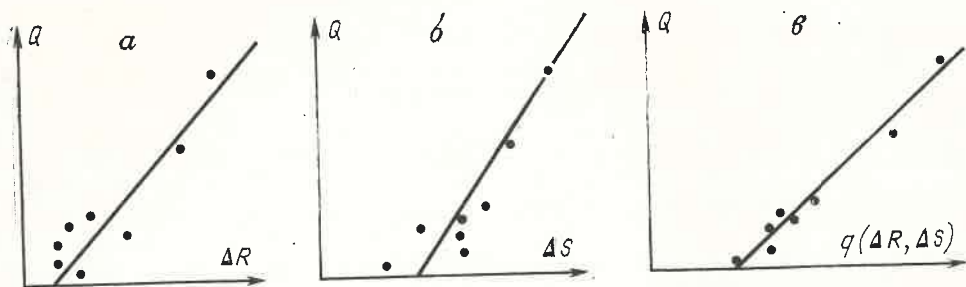


Рис. 4. Регрессии запасов эталонов  $Q$  на  $\Delta R$  (а);  $\Delta S$  (б) и линейную комбинацию  $q(\Delta R, \Delta S)$  (в)

ям поля на отрезке каждого профиля в контурах рудоносной зоны. Она является непараметрической оценкой стандартного отклонения.

Установлена корреляция между разбросом значений межквартильной широты и медианами потенциала ( $Me_U$ ) на соответствующих отрезках профилей по всей совокупности сечений рудоносных зон как в контурах рудоносных участков, так и между ними: с ростом абсолютного значения медианы растет разброс значений межквартильной широты. Сам разброс также оценивался межквартильной широтой  $S(s)$ . Эта зависимость  $S(s) = f(Me_U)$  использована в качестве модели фоновой дисперсии естественного поля (рис. 5).

В рамках этой модели локальная оценка дисперсии естественного поля на рудоносном участке получается как приращение  $S(s)$ , вычисленной по значениям потенциала в контурах участка, по отношению к фоновому значению  $S(s)_{\text{фон}}$ , вычисляемому для со-

ответствующей  $Me_U$  по уравнению  $S(s) = f(Me_U)$ ,

$$\Delta S = S(s)_{\text{руд}} - S(s)_{\text{фон}}.$$

График зависимости  $\Delta S$  от масштабов оруждения эталонных объектов изображен на рис. 4, б.

**Результаты решения задачи.** Таким образом, в рассмотренном примере действительно установлена корреляция непараметрических оценок локальных дисперсий магнитного и электрического полей со степенью рудоносности эталонных объектов.

Эти результаты суммированы в линейной регрессии запасов на  $\Delta R$  и  $\Delta S$ , полученной по 8 эталонным объектам (см. рис. 4, в). Возможность построения регрессии непосредственно по эталонам обеспечена низкой размерностью задачи (фактор  $P_n$ ). Судя по результатам внутреннего экзамена, проведенного с помощью эталонных тестов (см. выше), относительная погрешность оценки запасов составляет 5 % для объекта, обладающего максимальными запасами, и—50 % — для объекта с минимальными запасами.

Поисково-оценочные работы, проводимые на некоторых из участков неясной перспективности, свидетельствуют о подтверждении результатов прогнозирования степени рудоносности этих участков, полученных по уравнению регрессии.

В заключение отметим, что именно специфика ИС определила выбор конкретной схемы решения прогнозной задачи в двух рассмотренных примерах. Так, в первом примере фактор  $P_n$  обусловил свертку исходных данных в интегральные прогнозные признаки, фактор  $M_p$  — необходимость масштабирования, фактор  $P_n$  — отбор информативных признаков, предварительную ранжировку объектов по степени перспективности и применение комбиниро-

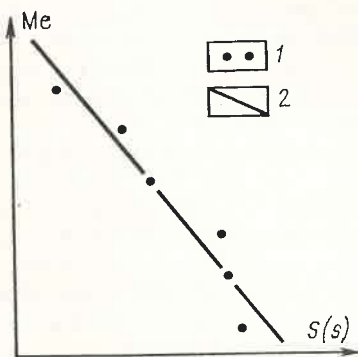


Рис. 5. Модель фоновой дисперсии естественного поля: зависимость между медианами  $Me$  и оценками стандарта от стандарта  $S(s)$  потенциала ЕП в пределах рудной зоны:

1 — медианные значения потенциала в интервалах, кратных 50 мВ, и соответствующие им оценки стандарта от стандарта для всех сечений рудной зоны; 2 — линия регрессии

## Процедуры прогнозирования

| Информационная ситуация | Масштабирование | Прогнозные признаки |                  | Отбор признаков | Алгоритм прогнозного правила                      |                             |
|-------------------------|-----------------|---------------------|------------------|-----------------|---------------------------------------------------|-----------------------------|
|                         |                 | Интегральные        | Дифференциальные |                 | с предварительной оценкой степени перспективности | непосредственно по эталонам |
| $[M_p, P_v, P_n]$       | +               | +                   | —                | +               | +                                                 |                             |
| $[M_p, P_n, P_n]$       | +               | —                   | +                | —               |                                                   | +                           |
| $[M_o, P_v, P_n]$       | —               | +                   | —                | +               | +                                                 |                             |
| $[M_o, P_n, P_n]$       | —               | —                   | +                | —               |                                                   | +                           |

ванного алгоритма построения прогнозного правила. Во втором примере фактор  $P_n$  — обусловил свертку исходных данных в дифференциальные характеристики, фактор  $P_n$  — регрессионный алгоритм построения прогнозного правила по эталонам, а фактор  $M_o$  освободил от необходимости решения задачи масштабирования.

Из сказанного следует, что ИС можно классифицировать по значениям триады  $[M, P, R]$  и для каждой разновидности рекомендовать конкретную схему решения (таблица).

Приведенная классификация является открытой для пополнения и совершенствования и может служить основой компьютеризованной технологии решения задачи оценки прогнозных ресурсов. Подчеркнем, что различия между информационными ситуациями, в сущности, обусловлены масштабными эффектами, свойственными любой геологической измерительно-наблюдательной технологии. Поэтому изложен-

ная концепция имеет общий характер и должна учитываться при решении прогнозных задач на всех стадиях геологоразведочного процесса.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каргер М. Д., Сандомирский С. А. Случайное цензурирование распределений размеров месторождений и разломов//Экспресс-информация ВИАМС. Сер. Математические методы исследований в геологии. 1982. Вып. 3. С. 1—9.
2. Каргер М. Д. Косвенная оценка коэффициента остаточной продуктивности//Геохимические критерии количественной оценки скрытого оруденения. М. 1987. С. 19—30.
3. Количественные методы прогнозирования и оценки ресурсов месторождений твердых полезных ископаемых.— Алма-Ата: КазИМС, 1986. (Материалы междунар. симпозиума «Основные направления разработки количественных методов прогнозирования нефтяных и рудных месторождений», Алма-Ата, 1985).
4. Sammon J. W. A nonlinear mapping for data structure analysis//IEEE Trans. Comput., 1989. Vol. C-18. N 5. P. 401—409.

Принята редколлегией 28 мая 1990 г.

## ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ СЫРЬЕ

УДК 553.98.044-82 : 734.5.735.1 (574.1)

© К. Х. Бакиров, С. Г. Даумов,  
О. А. Жуйков, 1991

### Прогноз нефтегазоносности и районирование зилаирской свиты востока Прикаспийской впадины

К. Х. БАКИРОВ (Актюбинское отделение КазНИГРИ), С. Г. ДАУМОВ  
(Жанажольская НГРЭ ПГО «Актюбнефтегазгеология»),  
О. А. ЖУЙКОВ (Актюбинская ГФЭ ПГО «Казгеофизика»)

На востоке Прикаспийской впадины основными объектами поисково-разведочных работ на нефть и газ продолжают оставаться карбонатные толщи каменноугольной системы: КТ-I для верхнего и среднего ее отделов,

КТ-II—среднего и нижнего отделов. В них выявлены нефтегазовые месторождения: Жанажол, Кожасай, Урихтау, Алибекмола и др. В терригенных отложениях докунгурской перми установлены залежи нефти на Восточно-



Акжарской и Курсайской площадях. Более древние отложения, подстилающие КТ-II, изучены слабо, об их нефтегазоносности существуют противоречивые точки зрения, чаще принижающие перспективность. Уточнение наших знаний о них имеет актуальное значение для освоения нефтяных богатств впадины. Возможности для этого представляются недавно полученными новыми данными. К ним относятся материалы пробуренной Жанажольской НГРЭ глубокой скважины ПГС-1, одной из самых глубоких (забой 6031 м) на востоке Прикаспийской впадины, глубоких скважин в районе Акжарской площади, Жанатанского поднятия и прилегающих участках; составленная Актюбинской геофизической экспедицией на основе переинтерпретации огромного объема первичных материалов по востоку Прикаспийской впадины новая структурная карта сейсмического отражающего горизонта  $P_2$  и сводка материалов Актюбинского отделения КазНИГРИ по древним отложениям, увязанная с тектоническим строением востока Прикаспийской впадины и историей его развития и другие данные.

Скважина ПГС-1 до глубины 4050 м вскрыла мезозойские, пермские и часть каменноугольных отложений, изученные на соседних площадях. На указанной глубине расположена подошва регионально нефтегазоносной толщи КТ-II.

Ниже и до забоя 6031 м скважина пересекла мощную толщу терригенных отложений зилаирской свиты, представленных сероцветными участками с зеленоватым оттенком аргиллитами, меньше алевролитами и песчаниками с редкими прослоями (линзами) гравелистов, мелкогалечных конгломератов и очень редкими прослоями известняков. Породы содержат обугленные растительные остатки, включения пирита. Слои залегают субгоризонтально.

Основная часть этого разреза относится к визейскому ярусу нижнего карбона. С учетом результатов определения фауны фораминифер (Л. П. Иванова), споро-пыльцевых комплексов (Г. М. Павленко) и особенностей каротажных диаграмм (Актюбинская экспедиция геофизических исследований скважин) представляется возможным выделить в нем: верхневизейский подъярус в интервале 4050—4465? м

толщиной 415 м; тульский и бобринковский горизонты средневизейского подъяруса на глубинах 4465?—4870 и 4870—5505 м соответственно суммарной толщиной 1040 м; нижневизейский подъярус в интервале 5505—5886 м толщиной 381 м. В основании яруса располагается пачка пород толщиной 130 м, обогащенная алевролитами, песчаниками и прослоями органично-обломочных глинистых известняков, выделяющаяся в разрезе повышенными значениями кажущихся сопротивлений пород. Из этих пород в интервале 5793—5800 м Л. М. Поповина выделила довольно большой комплекс миоспор и уверенно отнесла породы к пограничной зоне между верхнетурнейским (кизеловский горизонт) и нижневизейским (елховский горизонт) подъярусами нижнего карбона. Основываясь на этих определениях, нижнюю границу визейского яруса мы провели на глубине 5886 м. Общая толщина терригенных отложений визейского яруса составила 1836 м. Ниже по разрезу кажущиеся сопротивления пород снижаются, образуя резкую ступень на диаграмме КС и характеризуя песчано-глинистые отложения верхов верхнетурнейского подъяруса нижнего карбона. Породы залегают на глубине 5886—6031 м, при этом вскрытая толщина составляет 145 м.

Зилаирская свита (позднедевонско-раннекарбонного возраста), выделенная в 1932 г. Л. С. Либровичем, детально описана Б. М. Келлером (1949). Она широко распространена на Среднем и Южном Урале, Мугоджарах и вдоль всего восточного и юго-восточного герцинского обрамления Прикаспийской впадины (рис. 1). На востоке Прикаспийской впадины верхняя часть свиты вскрыта многими скважинами в Жанажольском нефтегазоносном районе и других участках. Положение верхней границы свиты уточнено на Восточно-Торткольской площади, где в разрезе скважины Г-3 она располагается в пределах верхневизейского подъяруса нижнего карбона. Вскрытая скважинами, неполная толщина свиты составляет 2876 м (скв. П-1 Терескен) и 3010 м (на Изимбетской площади). Полная ее толщина определена в Зилаирском синклинории, в центре и на востоке которого она равна 3000—5000 м

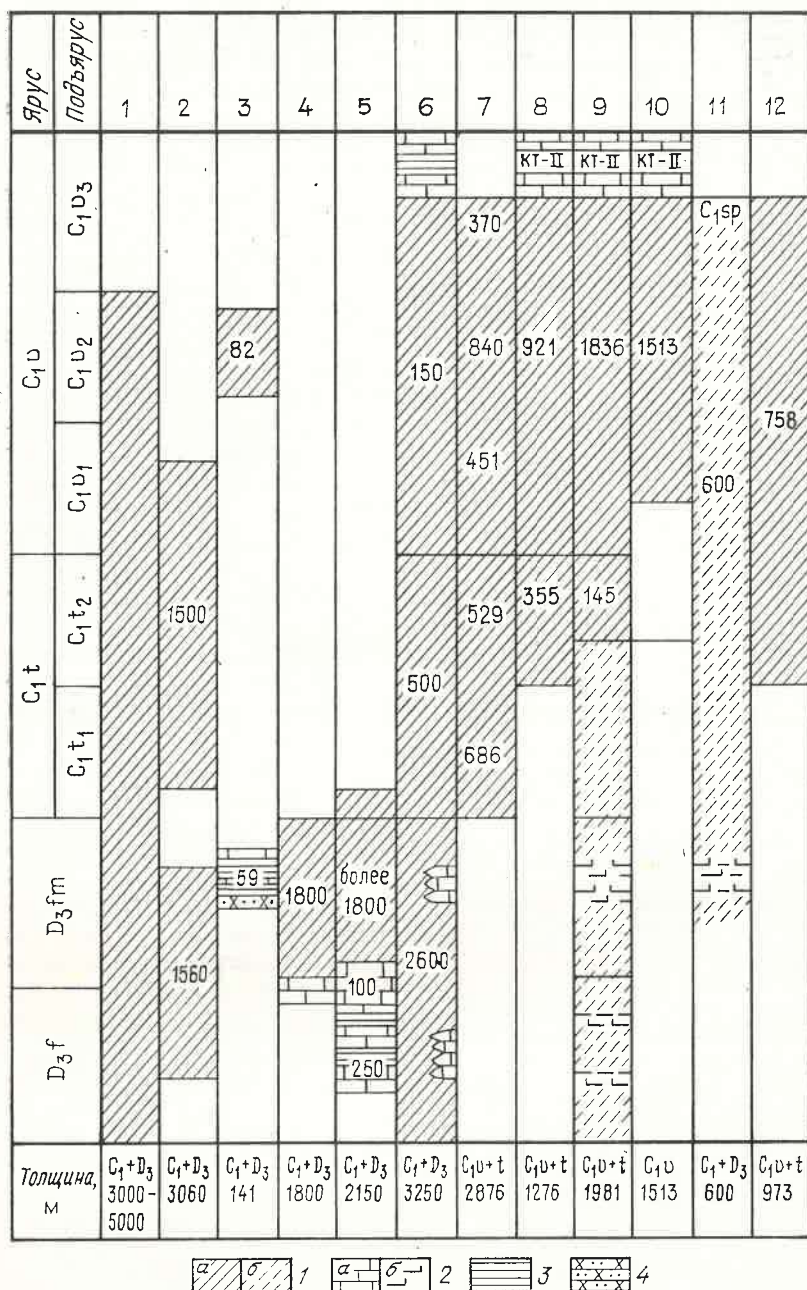


Рис. 1. Строение зилаирской свиты на востоке Прикаспийской впадины:

герцинское обрамление востока и юго-востока Прикаспийской впадины: 1 — Зилаирский синклиниорий; 2 — Изимбетское поднятие; 3 — Кокпектинское поднятие; 4 — Южно-Эмбенский гравитационный максимум; 5 — площади: Жанау, Туресай, Мынсуалмас; 6 — Актюбинское Приуралье; Ширкалинский свод: 7 — юго-восточный склон свода, скв. П-1 Терескен, Тамдыкольская вершина свода, ее восточный склон; 8 — скв. 201 Жанажол; 9 — скв. ПГС-1 Кожасай; 10 —

скв. Г-5 Жаңатаң, 11 — Букембайская вершина свода, скв. Г-1 Восточный Акжар; 12 — Центральная часть Прикаспийской впадины — Биекжальское сводовое поднятие, скв. СГ-2 Биекжал; 1 — переслаивание сероцветных глинистых пород, алевролитов, песчаников, слои (линзы) гравелитов, конгломератов: а — по данным геологической съемки и бурения, б — по уверенным данным сейсморазведки; 2 — карбонатные породы: а — по буровым данным, б — по уверенным данным сейсморазведки; 3 — глинистые породы; 4 — песчаники, алевролиты

(Д. В. Наливкин, 1956). Установленная построениями ее толщина в Актюбинском Приуралье 3250 м, в районе Терескенской скв. П-1 достигает 6000 м (см. рис. 1).

В составе зилаирской свиты доминируют терригенные породы. Образование ее в Прикаспийской впадине было связано с привносом огромного количества матернала с Палеомугоджар-



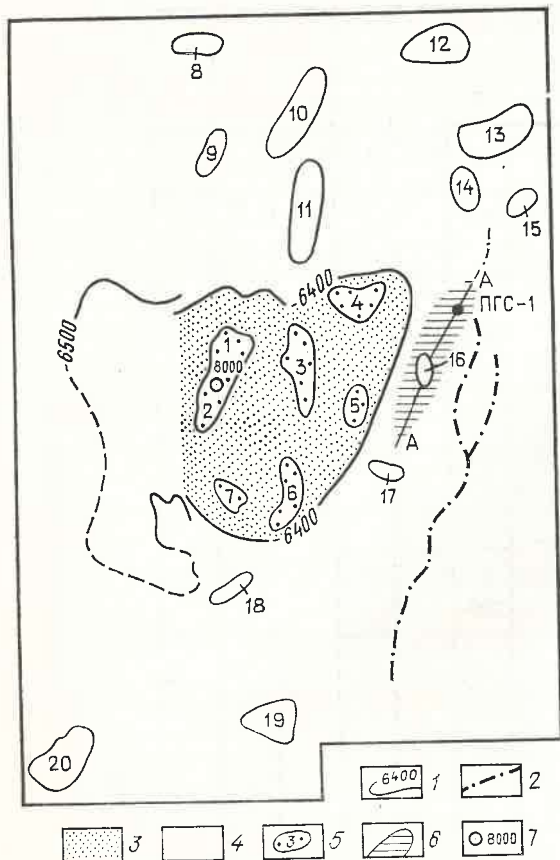


Рис. 2. Карта нефтегеологического районирования юго-востока Прикаспийской впадины по отложениям зилаирской свиты нижнего карбона — верхнего девона:

1 — изогипсы сейсмического отражающего горизонта  $P_3$  (по данным АГФЭ), связанного с толщей карбонатных пород верхнего девона (схематизировано), м; 2 — разломы по геофизическим данным; 3 — привершинная часть Ширкалинского сводового поднятия — высокоперспективная для обнаружения малосернистых месторождений нефти и газа в отложениях зилаирской свиты; 4 — склоны Ширкалинского свода, перспективные для обнаружения месторождений УВ в тех же отложениях; 5 — локальные структуры, в т. ч. рекомендуемые для первоочередного введения в поисковые работы (1 — Восточно-Акжарская, 2 — Курсайская, 3 — Терешковская, 4 — Кожасайская, 5 — Жанатан-I, 6 — Кокбулакская, 7 — Ширкала-II, 8 — Кубинская, 9 — Итасайская, 10 — Кырккулдукская, 11 — Коздысайская, 12 — Кумсайская, 13 — Южно-Мортухская, 14 — Урихтауская, 15 — Жанажольская, 16 — Жанатан-II, 17 — Куантайская, 18 — Айшуакская, 19 — Табускенская, 20 — Токайская); 6 — предполагаемое Жанатанское месторождение; 7 — рекомендуемая к бурению до 8000 м сверхглубокая скважина; А — А — линия сейсмогеологического профиля (см. рис. 3)

ских и Палеомынсуалмасских горных сооружений, бурно развивавшихся в этапе герцинских орогенических движений; терригенный материал достигал и значительно удаленных от борта частей впадины. Об этом, в частности, свидетельствуют данные Биекжалской скв. СГ-2, находящейся от борта впадины на расстоянии 70 км, расположенной у вершины одноименного свода, где только неполная вскрытая

нижнекарбонатная терригенная часть зилаирской свиты достигает толщины 758 м (см. рис. 1).

Имеющиеся данные позволяют сделать следующие выводы. Верхняя (визейско-турнейская) часть зилаирской свиты на востоке Прикаспийской впадины сложена мелководными морскими сероцветными терригенными породами преимущественно песчано-глинистого состава, участками с прослоями конгломератов и редкими маломощными прослоями карбонатных пород. Нижняя часть свиты (верхнедевонская) помимо доминирующих сероцветных терригенных отложений содержит толщи и слои органогенно-обломочных и пелитоморфных известняков, а также доломитов. Так, в скважинах, вскрывших девонскую часть разреза свиты, толщина карбонатных пород у границы франского и фаменского ярусов достигает 100 м (скв. Г-11 Жанасу, В. Н. Кривонос, 1986). На Кокпектинском поднятии в верхах фаменского яруса Р. Г. Гарецкий (1962) выделил кумсайскую толщу, сложенную аргиллитами и известняками; ее вскрытая толщина равна 59 м.

На участке бурения ПГС-1 сейсмический отражающий горизонт  $P_3$  по уверенным данным располагается на глубине 6500 м. Динамическая характеристика отражений от горизонта  $P_3$  аналогична отражениям, получаемым на востоке впадины от других толщ, карбонатный состав которых установлен бурением. На этом основании горизонт  $P_3$  уверенно связывается с комплексом карбонатных отложений с предполагаемой толщиной 300—500 м. При этом общая толщина терригенных отложений турнейско-визейского возраста составляет 2450 м. Эта цифра того же порядка, что и вскрытая толщина терригенного визейско-турнейского разреза в Терескенской скв. П-1, равная 2876 м по данным Д. А. Кухтинова, Л. З. Ахметшиной и др.).

Все приведенные материалы дают нам твердое основание считать, что сейсмический отражающий горизонт  $P_3$  относится к толще карбонатных пород фаменского яруса верхнего отдела девонской системы. Она является новой для существующих схем, третьей по счету вниз карбонатной толщей подсолевого разреза востока Прикаспийской впадины, которую мы обозначаем индексом КТ-III. Под названием



третьей карбонатной толщи ряд исследователей прогнозирует существование возрастного аналога терригенной визейско-турнейской части зилаирской свиты. Изложенные выше данные свидетельствуют о сохранении терригенного состава нижнекаменноугольной части зилаирской свиты на всем востоке Прикаспийской впадины, с чем мы не согласны.

Составленная новая структурная карта сейсмического отражающего горизонта  $P_3$  (АГФЭ, 1988) вносит существенные уточнения в наши представления о геологическом строении восточного Прикаспийской впадины по глубинным комплексам отложений (Рис. 2). На карте горизонт  $P_3$  прослеживается в большинстве случаев уверенно, свидетельствуя о широком площадном развитии в регионе толщи карбонатных отложений позднедевонского возраста КТ-III. На карте оконтурено более 35 брахиантиклинальных и куполовидных складок и структур примыкания к разломам размером от  $6 \times 7$  до  $25 \times 6$  км. Структурный план локальных складок верхнедевонского комплекса отличается (участками существенно) от плана структур перекрывающих отложений карбона и перми, что приводит нас к выводу о существовании самостоятельного девонского структурно-тектонического этажа, имеющего на востоке Прикаспийской впадины собственные специфические особенности, сформированные, видимо, ранее структур в карбонатах каменноугольной системы и затем осложненные более молодыми движениями.

В региональном плане структура девонского комплекса имеет общие черты с другими комплексами. В девонском комплексе четко отразилось существование главного геоструктурного элемента восточной части Прикаспийской впадины — Ширкалинского сводового поднятия [1, 2, 3, 7]. Его привершинная (наиболее приподнятая на востоке впадины) часть, оконтуренная стратоизогипсой 6400 м, занимает площадь около  $50 \times 60$  км. Здесь находятся крупные локальные структуры: Восточно-Акжарская, Курсайская, Терешковская, Кожасайская, Жанатанская-I, Кокбулакская, с абсолютными отметками горизонта  $P_3$  на сводах — 5600—6000 м. За пределами вершины свода отметки горизонта  $P_3$  на локаль-

ных структурах меняются в основном от — 6000 до — 7000 м (см. рис. 2). Ширкалинское сводовое поднятие имеет две вершины: Букембайскую, где расположены Акжарское, Курсайское и Каратюбинское месторождения нефти, и Тамдыкольскую, к которой приурочен Жанажольский район нефтегазоаккумуляции с месторождениями Жанажол, Кожасай, Урихтау, Алибекмола [3, 4].

Свод имеет платформенную природу, древний возраст заложения, он продолжительно развивался с разной интенсивностью, вероятно, в течение всего фанерозойского эона или большей его части [1, 2], в связи с чем на его вершинах имело место конседиментационное сокращение толщины одних, размыв и выпадение из разреза других отложений. Особенно интенсивно указанные явления происходили на Букембайской вершине свода, где по данным скважины Г-1 Восточный Акжар в разрезе отсутствуют часть серпуховского яруса нижнего карбона, средний и верхний карбон и где размытая поверхность осадков раннесерпуховского возраста перекрыта породами ассельского яруса нижней перми. На Тамдыкольской вершине свода установлено значительное уменьшение толщины карбонатных отложений карбона — КТ-I и КТ-II и разделяющей их межкарбонатной терригенной толщи на ее восточном склоне, а на вершинах Ширкалинского свода уменьшена толщина зилаирской свиты. На Букембайской вершине часть свиты, расположенная между подошвой ассельского яруса в скв. П-1 Восточный Акжар и сейсмическим горизонтом П-3, имеет толщину всего 600 м. Между тем на северо-восточном склоне свода в районе скв. ПГС-1, как уже отмечалось, толщина части зилаирской свиты, расположенной над верхнедевонскими карбонатами 2450 м, а на удаленной от вершин юго-восточном участке склона свода в Терескенской скв. П-1 ее вскрытая толщина достигает величины 2876 м. Следовательно, за счет пород зилаирской свиты мощность Ширкалинского свода увеличивается не менее чем на 2000 м.

Осадки зилаирской свиты накапливались в море нормальной солености, в котором жили брахиоподы, фораминиферы, остракоды, крингоидеи, мшанки, развивались водоросли, а водными

потоками с прилегающих герцинских гор приносились остатки отмерших животных и растений, растворенное органическое вещество (ОВ). Органические остатки захоронялись на дне водоема, в восстановительных условиях, приобретая серую окраску и пиритизируясь. По мере погружения на глубину развивались катагенетические процессы, из ОВ выделялись углеводороды (УВ), породы постепенно битуминизировались. При изучении прозрачных шлифов под микроскопом Е. О. Максимова отметила наличие аргиллитов неравномерно битуминозных и прослоя известняка неравномерно сильнобитуминозного в кернах с глубины 5793—5800 м, аргиллитов с разной степенью битуминозности с глубин 5823—5824 м, 5986—5990 м, 6026—6031 м. Обширная нефтегазосборная площадь и значительные толщи отложений зилаирской свиты, глубина залегания должны были способствовать генерации больших объемов углеводородов.

По термометрическим исследованиям в скв. ПГС-1 на глубине 4050 м температура пластов равна 80,2 °С, а на глубине 5965 м она достигает 115 °С. Следовательно, геотермический градиент в породах зилаирской свиты низкий и составляет всего 1,8 °С на 100 м, а геотермическая ступень — 55 м/°С. Такие температуры пластов должны были благоприятствовать образованию из рассеянного органического вещества (РОВ) жидких УВ и сохранению их залежей. С указанным выводом согласуются результаты определения катагенеза (РОВ) в регионе. Так парамагнитные свойства ОВ, изученные сотрудниками ВНИИгеоинформсистем, указывают на низкую степень их преобразованности по всему разрезу ПГС-1, соответствующую стадиям протокатагенеза — начала метакатагенеза (ПК—МК<sub>1</sub>). На соседней Кенкиякской площади изучение витринита показало такую же сильно растянутую глубинную зональность ОВ, достигающую на глубине 4,9 км стадии МК<sub>1</sub>, а с глубины 5 км переходящую в стадию МК<sub>2</sub>.

ВНИИгеоинформсистем дает положительный геохимический прогноз нефтегазоносности для терригенных отложений средневизейского подъяруса, вскрытого скв. ПГС-1, отмечая, что в интервалах 4680—4740 м и 5060—

5560 м наблюдаются аномально повышенные концентрации углеводородных групп C<sub>1</sub>—C<sub>7</sub>, C<sub>8</sub> и высшие. Кроме того, в составе выделенных из пород газов наблюдается преобладание бутилена (по всему разрезу ПГС-1), который наряду с другими показателями указывает на перспективность вскрытых отложений в плане нефтеносности. При этом обломочные породы зилаирской свиты могут иметь хорошие емкостные и фильтрационные свойства, уступая органогенным и органогенно-обломочным карбонатным отложениям верхнего девона КТ—III. В разрезе свиты широко развиты глинистые породы, образующие иногда мощные пачки, которые могут служить флюидоупорными крышками над залежами УВ. В разрезе Восточно-Акжарской скв. 1 на глубинах 4417—4423 м, 4462—4467 м, 5186—5192 м встречены слои глин, свидетельствующие о сохранении глинистыми породами своих флюидоупорных свойств на больших глубинах. Напомним, что относительно слабая литификация пород глинистого состава на больших глубинах на востоке Прикаспийской впадины является закономерным явлением и доказана специально выполненными ранее исследованиями [1, 5, 6].

Отмеченные геологические предпосылки возможности существования скоплений УВ в зилаирской свите подтвердились результатами испытания скважин на приток. В скв. ПГС-1 в низах визейского яруса из интервала 5855—5841,5 м выделялся горючий газ, и был получен приток нефти: удельного веса 0,825 г/см<sup>3</sup> переливом через устье скважины при штуцере 3,2 мм, дебитом 1,56 м<sup>3</sup>/сут. В 19 км южнее, на площади Жанатан-II, в поисковой скважине Г-5 зилаирская свита вскрыта в интервале 3747—5247—5260 м (забой). При бурении в этой свите и проведении сейсмокаротажа наблюдались интенсивные газопроявления. На площади Локтыбай из скважины Г-14 (интервал 4220—4241 м, верхняя часть зилаирской свиты) получили приток нефти переливом через устье, дебитом 1 м<sup>3</sup>/сут. Составленный геологосейсмический профиль (рис. 3) показал пологое погружение слоев зилаирской свиты на площади Жанатан-II на север, к скв. ПГС-1 и на юг к площади Локтыбай, а также существование антиклинального перегиба:

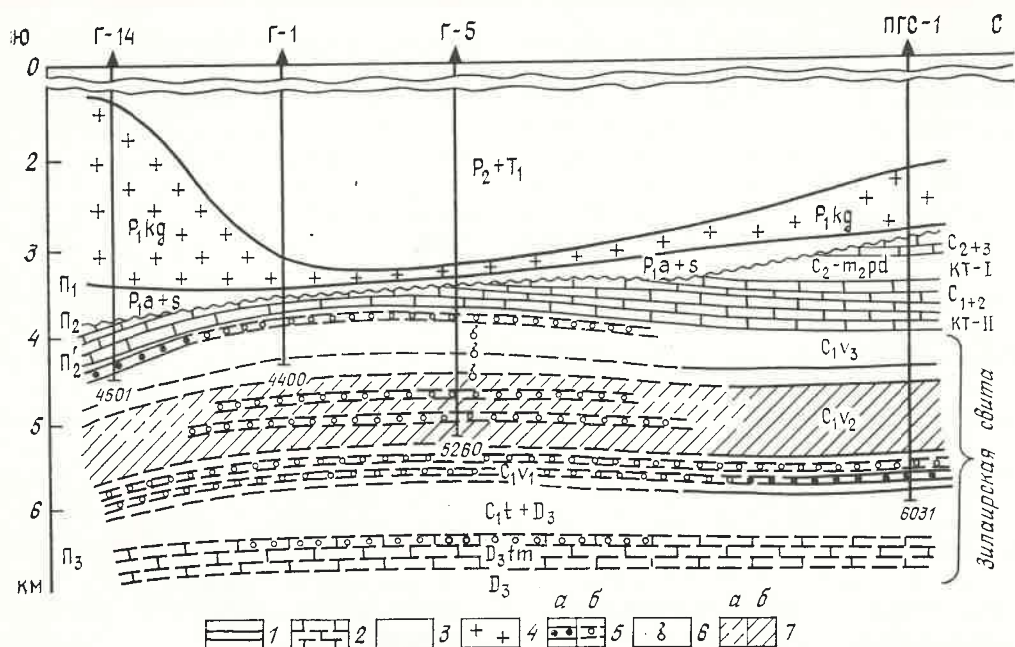


Рис. 3. Продольный сейсмогеологический разрез через предполагаемое Жанатанское многопластовое месторождение малосернистой нефти в отложениях зилайрской свиты:

соотношение масштабов горизонтального к вертикальному 1:4. 1 — карбонатные породы, вскрытые скважинами; 2 — прогнозируемая толща карбонатных пород  $D_3$ , связанная с сейсмическим горизонтом  $P_3$  и предполагаемая в ней залежь УВ; 3 — преимущест-

венно терригенные отложения; 4 — соль; 5 — нефтеносные горизонты: а — установленные, б — предполагаемые; 6 — интенсивные газопроявления из зилайрской свиты при бурении и сейсмокаротаже Жанатанской скв. Г-5; 7 — отложения средневизейского подъяруса, имеющие положительную характеристику на нефтеносность по комплексу геохимических признаков: а — установленную по разрезу скв. ПГС-1, б — предполагаемую

слоев свиты протяженностью около 40 км в субмеридиональном направлении. По своему пространственному положению эта структура совпадает с фронтальным валом ранее выделенного Тамдыкольского надвига, с которым в более высоких горизонтах осадочного чехла связаны Кожасайское и Урихтауское нефтегазоконденсатные месторождения [3, 4].

Таким образом, в зилайрской свите на участке бурения ПГС-1 и площадей Жанатан-II, Локтыбай мы предполагаем существование многопластового месторождения нефти, связанного с крупной локальной структурой брахиантиклинального типа, размером около  $5 \times 40$  км, расположенной на фронтальном валу Тамдыкольского надвига (см. рис. 3), названного Жанатанским месторождением.

Самое высокое положение структурной поверхности верхнедевонских карбонатов КТ-III (отражающего горизонта  $P_3$ ), как отмечалось, приурочено к привершинной части главного геологоструктурного элемента этой территории — Ширкалинского сводового поднятия, в течение длительного времени

находившегося в геологических условиях, благоприятствовавших скоплению УВ в отложениях верхнего девона и нижнего карбона за счет их латеральной миграции из обширных территорий склонов свода. Таким образом, локальные структуры (Восточно-Акжарская, Терешковская, Курсайская, Кожасайская, Жанатанская-I, Кокбулакская) привершинной части Ширкалинского сводового поднятия являются высокоперспективными для обнаружения в них залежей УВ в зилайрской свите. Как правило, продуктивный горизонт  $P_3$  залегает на отметках 5600—6000 м. Кроме того, мы считаем, что и остальная территория Прикаспийской впадины, включая склоны Ширкалинского свода, перспективна на нефть и газ. Основанием для такого вывода служат указанные выше геологические соображения, а конкретным подтверждением ему служит приуроченность к этой зоне прогнозируемого Жанатанского многопластового месторождения и полученные на нем притоки нефти из зилайрской свиты. Причем сероводород в прогнозируемых залежах зилайрской свиты либо должен отсутство-



вать, либо содержаться в малых количествах по аналогии с залежами в разных регионах, связанных с терригенными породами. Например, нефть из терригенных отложений месторождения Акжар и газоконденсат на Карачаганакском месторождении в верхнем девоне имеют низкое содержание сероводорода. Малосернистыми являются нефти в карбонатах семилукского горизонта верхнего девона Сокологорского месторождения Саратовской области, евановско-ливенского горизонта верхнего девона Жирновского месторождения Волгоградской области. Безсернистыми являются УВ из эйфельско-нижнефранских отложений девона Зайкинской группы месторождений на юге Бузулукского прогиба.

Приведенные выше материалы по площади распространения толщи карбонатных отложений фаменского яруса верхнего девона и пород зилаирской свиты существенно расширяют перспективные на нефть и газ территории востока Прикаспийской впадины и увеличивают общую толщину перспективных отложений подсолевого разреза, примерно в 2 раза. К тому же эти сведения подтверждают высокую оценку перспектив нефтегазоносности Ширкалинского сводового поднятия, его привершинной части и крыльев, данную ему еще в 1965 г. [1]. Учитывая многопластовость прогнозируемых месторождений зилаирской свиты и предполагаемое преимущественное развитие залежей малосернистой нефти и уже выявленное большое количество перспективных локальных структур, можно говорить о новом более высоком уровне (пока по качественной оценке) общего масштаба нефтегазоносности востока Прикаспийской впадины.

В связи с изложенным рекомендует-ся произвести новый расчет прогнозных ресурсов УВ нижнего карбона и верхнего девона востока Прикаспийской впадины и внести соответствующие коррективы в их общую оценку и планы поисково-разведочных работ на ближайшие годы.

Важно учесть следующие обстоятельства. Карбонаты КТ-III залегают на доступных современному глубокому бурению глубинах 5800—6200 м в привершинной части Ширкалинского свода на площади около 2 тыс км<sup>2</sup>.

При этом терригенные отложения свиты развиты на большей площади и поднимаются на значительно меньшие глубины. На предполагаемом Жанатанском месторождении кровля зилаирской свиты установлена бурением на глубине 3747 м, а залежи нефти выявлены на глубинах 4220—4241 м и ниже. При планировании и проведении буровых работ следует обратить особое внимание на отмеченные нами выше особенности структурных планов девонского комплекса, т. к. недоучет этого обстоятельства может существенно снизить эффективность намечаемых работ по выявлению новых месторождений нефти в зилаирской свите. На предполагаемом Жанатанском месторождении мы рекомендуем уже начать поисково-разведочное бурение с предусмотренных мероприятия по интенсификации притоков нефти из пластов.

Нефтегазоносность осадочного чехла юго-востока Прикаспийской впадины контролируется Ширкалинским сводом, но его разрез полностью еще не изучен, и следовательно, не выяснен весь потенциал нефтегазоносности крупного региона. Отложения нижнего палеозоя и возможный здесь рифей-вендский комплекс пород бурением не вскрыты, хотя именно они могут быть перспективными на нефть и газ (по аналогии с разрезами более северных районов Русской плиты). Специфические особенности региона, заключающиеся в существовании нефтяного горизонта на большой глубине около 6000 м. (см. рис. 3), низкий геотермический градиент, относительно слабые катагенез ОВ и литификация глинистых пород-флюидоупоров позволили нам предположить существование нефтяных и газовых залежей в нижней части осадочного чехла Ширкалинского свода. Если это предположение в будущем подтвердится, то восточная часть Прикаспийской впадины будет представлять собой уникальное явление среди нефтегазоносных регионов мира по толщине (около 8 км) и огромному стратиграфическому диапазону (от допалеозоя или нижнего палеозоя до меловой системы мезозоя включительно) нефтегазоносных отложений.

В таком плане вопрос о нефтегазоносности рассматриваемого региона еще никем не ставился. Решение этой

важной в теоретическом аспекте и в практическом отношении проблемы достойно включения в число проблем, решаемых планом сверхглубокого бурения в СССР. Для этого рекомендуется пробурить скважину глубиной 8000 м на вершине Ширкалинского свода на Курсайской площади (см. рис. 2) с расчетом вскрытия еще неизученных низов осадочного чехла и кровли кристаллического фундамента. Глубина залегания последней здесь на отметке —7800 м обоснована и бурение сверхглубокой скважины рекомендовано в нескольких работах [1, 2, 7]. Именно на вершине свода может быть вскрыт наибольший по своему стратиграфическому диапазону комплекс отложений и больше всего оснований рассчитывать на вскрытие кристаллического фундамента платформы.

Значение предлагаемых выше работ повышается в связи с необходимостью обратить особое внимание на поиски месторождений нефти и газа без сероводорода или с малым его содержанием.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакиров К. Х. Тектоника и коллекторские свойства пород верхнего палеозоя восточной прибортовой части Прикаспийской впа-

2. Бакиров К. Х., Проничева М. В., Чимбулатов М. А. Тектоника юго-восточной части Прикаспийской впадины и предложения по направлению дальнейших поисковых и разведочных работ на нефть и газ//Поиски и освоение нефтяных и газовых месторождений солянокупольных областей в пределах СССР. М., 1968. С. 47—49.
3. Бакиров К. Х. Надвиговые структуры восточного борта Прикаспийской впадины// Докл. АН СССР. 1983. Т. 271, № 4. С. 928—932.
4. Бакиров К. Х., Тунгатаров К. Б. Надвиговые дислокации восточного борта Прикаспийской впадины и связь с ними нефтегазоносности//Энергия и механизм первичной миграции углеводородов. М., 1988. С. 141—146.
5. Степень уплотненности пород верхнего палеозоя восточной окраины Прикаспийской впадины/К. Х. Бакиров, М. А. Чимбулатов, Д. З. Валеев, А. В. Яковлев, О. И. Валеева//Геология и нефтегазоносность юго-востока Русской платформы и ее обрамления. М., 1971. С. 142—152.
6. Тектоника и нефтегазоносность Актюбинского Приуралья/К. Х. Бакиров, М. А. Чимбулатов, А. В. Яковлев, Д. З. Валеев.—М.: Недра, 1972.
7. Ширкалинский свод-восточной части Прикаспийской впадины/К. Х. Бакиров, Я. С. Эвентов, М. А. Чимбулатов, М. В. Проничева, З. Е. Булекбаев, А. В. Яковлев//Геология и нефтегазоносность юго-востока Русской платформы и ее обрамлений. М., 1971. С. 125—131.

Принята редколлегией 30 августа 1990 г.

УДК 551.736.1 : 553.041(574.17)

© И. Б. Дальян, З. Е. Булекбаев,  
А. А. Абаханов, 1991

## Гидрогеологические и гидрогеохимические условия подсолевых нефтегазовых месторождений восточной окраины Прикаспийской впадины

И. Б. ДАЛЬЯН, З. Е. БУЛЕКБАЕВ, А. А. АБАХАНОВ  
(ПГО «Актыбнефтегазгеология»)

Гидрогеологические и гидрогеохимические условия месторождений нефти и газа в подсолевых региональных литолого-стратиграфических нефтегазоносных комплексах восточной окраины Прикаспийской впадины обусловлены особенностями глубинного строения территории и литологического состава пород, наличием пластов-коллекторов, региональной кунгурской галогенной и других локальных терригенно-карбонатных покровов и весьма благоприятны для формирования и сохранения залежей углеводородов (УВ). Глубина залегания и площадь распространения

водоносных горизонтов в нефтегазоносных комплексах терригенных и карбонатных пород, минерализация и химический состав подземных вод, содержание и состав водорастворенного органического вещества (ВОВ), газонасыщенность вод и состав растворенного газа и т. д. создают условия гидрогеологической закрытости недр восточной окраины впадины. Причем каменная соль кунгурского яруса как региональная покровная еще на стадии диагенеза осложнила движение подземных вод в подсолевых отложениях от областей питания Сакмарско-Уралтау-

ской зоны в сторону центральной части впадины, и до минимума исключила возможность разгрузки вод в вышележащие подсолевые отложения, что способствовало формированию в подсолевых отложениях застойного режима подземных вод хлоркальциевого типа с гидрогеологической закрытостью пород.

Гидрогеологические и гидрогеохимические условия в подсолевом комплексе пород постоянно менялись в течение палеозоя в зависимости от этапов конкретного развития территории в разные отрезки геологического времени. Современный режим подземных вод в подсолевом комплексе пород был сформирован в конце палеозоя — начале мезозоя. В период ранне- и среднепалеозойского опускания, связанного с развитием Уральской геосинклинальной области, в подсолевых отложениях формировался режим элизионных вод, а при становлении Уральской складчатой системы в пределы восточной окраины впадины устремился идущий с областей питания поток инфильтрационных вод. В связи с этим, по мнению А. С. Зингера, восточная окраина впадины интересна тем, что здесь в подсолевых отложениях создан так называемый гидрогеологический барьер, в котором поток инфильтрационных вод, идущий со стороны областей питания Уральской складчатой системы, встретился с потоком элизионных вод из центральной части впадины. Это определило в подсолевых отложениях гидрогеологические и гидрогеохимические условия с застойным режимом подземных вод и создало благоприятную обстановку для формирования и сохранения залежей УВ. Поэтому восточная окраина впадины рассматривается нами с учетом гидрогеологической закрытости как региональная зона нефтегазонакопления в подсолевых терригенных и карбонатных отложениях.

В разрезе подсолевых отложений восточной окраины Прикаспийской впадины нами ранее были установлены три региональных литолого-стратиграфических нефтегазоносных комплекса пород, являющихся одновременно самостоятельными гидрогеологическими этажами: ассельско-артинский песчано-глинистый с восемью нефтегазоносными (водоносными) горизонтами с сингенетичными залежами нефти,

верхневизейско-гжельский карбонатный с локальной клиноформой терригенных пород, имеющий тринадцать нефтегазоносных горизонтов со вторичными залежами нефти и газа и верхнедевонско-средневизейский с сингенетичными залежами и с двадцатью водоносными горизонтами, каждый из которых содержит самоизливающиеся и напорные подошвенные и законтурные воды хлоркальциевого типа (по В. А. Сулину) различной минерализации, физико-химическими свойствами и гидрогеологическими особенностями (составом ВОВ, водорастворенного газа, газонасыщенностью, содержанием микрокомпонентов, степенью метаморфизации и т. д.) в пределах приуроченных к ним месторождений нефти и газа.

Ассельско-артинский комплекс пород толщиной до 1513 м вмещает месторождения нефти с несколькими пластовыми залежами на поднятиях Бозоба, Кенкияк, Кокжиде, Акжар, Курсай и Каратюбе, приуроченных к прослоям песчаников и алевролитов толщиной до 133 м. В разрезе ассельских отложений установлен один, в сакмарских — четыре и в артинских — три продуктивных (водоносных) пласта с гранулярными коллекторами, имеющими открытую пористость 7—19,8 % и проницаемость до 1,2—1,4 мкм<sup>2</sup>. В пределах Кенкиякской тектонической ступени они вскрываются скважинами в интервале глубин 3720—5192 м. Признаки нефти различной интенсивности отмечены на структурах Аккудук, Арансай, Остансук, Кумсай, Южный Мортук, Караулкельды, Акжар, Аксай, Каратюбе, Терешковской и т. д. (рисунок).

На месторождениях в нижнепермских отложениях наиболее полно изучены законтурные воды, относящиеся к хлоркальциевому типу с минерализацией (г/л): на Бозоба в ассельских и сакмарских отложениях 104,5—108,9; на Остансук и Кенкияк в артинских и сакмарских 101,4—204,7; на Курсай и Северный Киндысай в артинских породах соответственно 124,5 и 86,9—102,5. В водах содержится (мг/л): йода 4,2—42,5; брома 28,6—79,8; бора до 238; аммония 42,1—153,8; стронция до 480 и лития до 52. Ионно-солевой состав пластовых вод нижнепермских отложений в пределах месторождений в значительной степени аналогичен с



резким преобладанием хлоридов натрия (82,3—84,6), кальция (7,8—8,5 %) и магния (5,4—6,5 %) при небольшом содержании сульфатов кальция (1,6—2,0 %).

Газонасыщенность вод в зоне водо-нефтяного контакта (ВНК) на Кенки-яке и Бозобе составляет 1750—2500 см<sup>3</sup>/л, на Курсай — 1450 см<sup>3</sup>/л, а в законтурных на Северном Киндысе и др. не превышает 750—1100 см<sup>3</sup>/л. Водорастворенные метановый (94,8 %) и азотно-метановый (34,2 %) газы содержат (%): метана 81,7—94,6; этана 1,4—3,8; пропана 0,8—1,9; бутана 0,4—1,2; пентана 0,11—0,24; азота 1,3—34,2 и углекислого газа 1—1,4.

ВОВ имеет высокие концентрации ароматических УВ как в подошвенных водах нефтеносных пластов на структурах Кенкияк и Курсай, так и в законтурных водах «пустых» поднятий (Северный Киндысай), где его содержание составляет (мг/л): бензола 0,06—2,79; толуола 0,081—2,5; спиртов 0,7—7,25; эфиров 2,2—12,7 и органических кислот 51,5—124. Высокие концентрации ВОВ являются прямыми показателями нефтегазоносности и указывают на непосредственную близость залежи от исследуемой скважины, из которой анализировалась вода, свидетельствуют о продуктивности нижнепермского комплекса.

На месторождениях Самбай, Кенки-  
як, Курсай и Северный Киндысай во-  
ды нижнепермских водоносных гори-  
зонтов самоизливающиеся с дебитом  
при переливе на устье от 1,9 до  
92 м<sup>3</sup>/сут через штуцер 10 мм, а на  
Бозоба и Останук высоконапорные.  
Пластовая температура, замеренная  
на Северном Киндысае, Курсае, Жана-  
жоле, Урихтау, Кумсае, Кенкияке,  
Блаксае и Арансае составляет 68,7—  
91,5 °С.

Верхневизейско-гжельский карбонатный комплекс состоит из двух карбонатных толщ: верхнеподольско-гжельский (КТ-I) толщиной 20—543 м и верхневизейско-каширский (КТ-II) толщиной 100—826 м, разделенных между собой песчано-глинистыми отложениями нижнеподольского горизонта толщиной 26—415 м.

В первой карбонатной толще (КТ-I) нефтегазовые и газоконденсатные месторождения с пластовыми залежами установлены на поднятиях Жанажол, Кунгурский, Урихтау, Алибекмола и

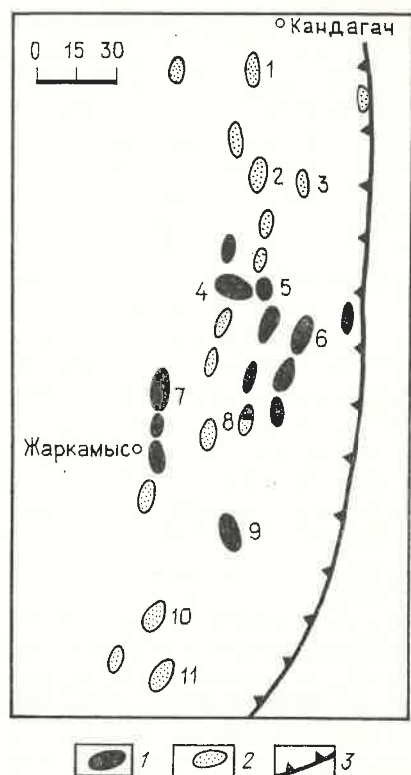


Схема расположения подсоловых структур восточной окраины Прикаспийской впадины:

1 — Аккудук, 2 — Аккум, 3 — Остансук, 4 — Кенкияк, 5—6 — Жанакөл, 7 — Акжар, 8 — Жанатан, 9 — Локтыбай, 10 — Восточный Тобускен, 11 — Восточный Тортколь; 1 — месторождения нефти и газа; 2 — структуры с признаками нефти и газа; 3 — Адисайский разлом, ограничивающий владину

Синельниковский в пределах Жана-Жольской тектонической ступени, где они приурочены к трем-четырем выдержанным пластам толщиной 10—45 м с коллекторами порового, порово-кавернового и порово-трещинного типа, имеющего открытую пористость 6,5—30 % и проницаемость до 2,3—3,6·10<sup>-12</sup> м<sup>2</sup> и разделенным прослоями аргиллитов или плотных карбонатов. Водоносные пласты характеризуются более низкими коллекторскими свойствами, чем нефтегазоносные и на каротажных диаграммах выделяются низкими кажущимися сопротивлениями до 15 Ом·м. Это связано с закупориванием пор и каверны вторичным кальцитом.

Пластовые воды КТ-I на месторождениях изучены в подошвенной части залежей ниже зоны ВНК в интервале глубин 2752—3284 м. Они хлоркальциевого типа с минерализацией (г/л) на структурах: Жанажол 98,1—180,9; Кунгурской 109,2—116,5; Урихтау

94,3—107,8; Алибекмола 108—115 и Синельниковской 140,9—178,9 при удельном весе 10447—10898 Н/м<sup>3</sup>. При этом увеличение минерализации вод восточной окраины впадины в региональном плане происходит с востока на запад, а внутри КТ-I — от кровли толщи к ее подошве. Воды содержат (мг/л): йода 4,6—475; брома 14—198,1; бора 15—52; аммония 30—300; стронция 50,6—300; лития 1,3—52; рубидия до 3, имеют сильный запах сероводорода, различную степень метаморфизации с коэффициентом метаморфизации на Урихтау, Жанажоле, Кунгурском и Алибекмола 0,66—0,83, а на Синельниковском 0,85—0,95. В составе вод резко преобладают хлориды натрия с незначительным содержанием хлоридов кальция, магния и сульфатов натрия.

Газонасыщенность вод в зонах ГВК и ВНК высокая и достигает 3100—9000 см<sup>3</sup>/л, уменьшаясь вниз по разрезу к подошве толщи и законтурной части до 1250—980 см<sup>3</sup>/л. Водорастворенный газ в зонах ГВК и ВНК метановый (66,2—85,1 %), а вне пределов площади нефтегазоносности метаново-азотный (34,2—83,4 %).

Для ВОВ типично содержание (мг/л): бензола 0,06—2,79; толуола 0,33—1,1; эфиров 6,05—6,55; спиртов 0,7—4,7 и органических кислот 35,6—61,1.

Воды КТ-I высоконапорные со статическим уровнем 9—143 м от устья скважины. Дебит вод в зависимости от глубины понижения уровня изменяется от нескольких до 394,7 м<sup>3</sup>/сут. Пластовая температура (°C) на Урихтау равна 60,0—73,5; на Жанажоле и Кунгурском 68,1—71,4; на Синельниковском 47—56; на Алибекмола 46,5—48.

В КТ-II месторождения нефти и газа с пластовыми залежами изучены на поднятиях Жанажольской тектонической ступени (Кенкияк-Кокжиде, Жанажоле, Кунгурском, Южном Урихтау, Кожасае и Синельниковском) и на площади Кенкияк-Кокжиде Кенкиякской ступени, расположенные в породах верхневизейского подъяруса — каширского горизонта московского яруса и приуроченные к 16 пластам-коллекторам толщиной 17—70 м с поровыми, порово-каверновыми, порово-трещинными, трещинными и карстовыми коллекторами с открытой порис-

тостью 7—26,7 % и проницаемостью до  $1,3 \cdot 10^{-12}$  м<sup>2</sup>.

Пластовые подошвенные воды на месторождениях и законтурные на прилегающих площадях Аккудук, Бактыгарын, Аккум, Урихтау, Южный Мортук, Алибекмола, Восточный Тобускен, Восточный Тортколь и др., вскрытые в интервале глубин 3450—5022 м, являются рассолами хлоркальциевого типа с минерализацией (г/л): на Жанажоле и Кунгурском 96,6—113,5; на Кенкияке 110,5—149,2; Кожасае 97, Урихтау 113,4; Аккудук 103,7; Аккуме 96,2; Восточном Тобускене 188,3; Восточном Тортколе 108,3—120,3. Воды содержат (мг/л): йода 5,1—40,7; брома 49—313; бора 42,5—50,4; аммония 8—150; лития до 21—33; стронция до 88 и сероводорода до 1163. Сероводород в подземных водах КТ-II и КТ-I распространены регионально. В составе вод резко преобладают хлориды натрия (до 94,2 %), при концентрации хлоридов кальция до 10,8 % и магния до 4,6 %.

Воды в различной степени метаморфизованные (отношение натрия к хлориду изменяется от 0,77 до 0,95), слабосульфатные (0,2—0,85 мг/л), при отношении кальция к магнию 1,27—2,48 и значений хлорбромного коэффициента до 297—319).

Газонасыщенность вод составляет 5800—200 см<sup>3</sup>/л. В законтурных водах газонасыщенность не превышает 200—660 см<sup>3</sup>/л. Водорастворенный газ в подошвенных водах метанового состава с содержанием: метана до 85,2—87,8 %, а в законтурных — азотно-метановый при концентрации азота до 59 % и углекислого газа до 1,34 %.

Воды КТ-II самоизливающиеся, высоконапорные со статическим уровнем 40—156 м от устья. Дебит при переливе на устье не превышает 2 м<sup>3</sup>/сут, а при понижении уровня на 100—150 м достигает 56,4 м<sup>3</sup>/сут. Пластовая температура (°C): на Кенкияк-Кожасае 80,5—85,2; Жанажоле и Кунгурском 70—74,4; Урихтау 69,2—81,7; Кожасае 62,1—66,5; Синельниковском 63—68,4; Восточном Тортколе 60—68; Алибекмоле 70—73,5.

Верхнедевонско - средневизейский комплекс терригенных пород вскрыт скважинами в интервале глубин 930—4512 м. Наибольшая толщина отложенный вскрыта на поднятиях Урихтау, Жанажол, Кумыстоба, Кунгурском,

Кожасай, Жанатан, Локтыбай, Тортколь, Восточный Тортколь и Терескен. На площади Локтыбай в интервале 4220—4241 м установлена пластовая залежь нефти, приуроченная к песчаникам с открытой пористостью 13,9—14,1 % и нефтенасыщенностью 65,8 %. По данным геофизических исследований скважин (ГИС), во вскрытом разрезе выделено пять нефтеносных пластов толщиной до 35 м, находящихся в испытании. Признаки нефтеносности были установлены на структурах Жилансаид, Кожасай, Акжар, Курсай, Каратюбе, Терешковская, Локтыбай, Жанатан, Тортколь и Восточный Тортколь.

На площадях, вскрывших наиболее полный разрез отложений комплекса, располагается 10 водоносных горизонтов толщиной 20—80 м, представленных песчаниками и конгломератами с открытой пористостью 10,9—25,1 % и проницаемостью до  $2,8 \cdot 10^{-12}$  м<sup>2</sup>, разделенных прослоями аргиллитов.

Пластовые законтурные воды, изученные на Жилансаиде и Восточном Тортколе, хлоркальциевого типа с минерализацией до 182 г/л и удельным весом 11 Н/м<sup>3</sup>. Воды слабометаморфизованные (0,84—0,9), в различной

степени сульфатные (0,54—1,42 мг/л) при отношении кальция к магнию 0,58—0,9. В солевом составе вод преобладают хлориды натрия (92,3—94,9 %) при незначительном количестве хлоридов кальция. Газонасыщенность вод не превышает 640 см<sup>3</sup>/л, растворенный азотный газ — 85,5 %.

ВОВ в водах на участке Восточный Тортколь характеризуется высокими концентрациями (мг/л): бензола 0,039—0,071; толуола 0,019—0,055 и органических кислот 85—91,1, что свидетельствует о высокой перспективности отложений для поисков залежей нефти.

Воды отложений комплекса самоизливающиеся и высоконапорные, перелив на устье составляет 1,2 м<sup>3</sup>/сут. Пластовая температура до 80—104 °С.

Таким образом, гидрогеологические и гидрогеохимические условия подсоединяемых литолого-стратиграфических нефтегазоносных комплексов и приуроченных к ним месторождений в пределах восточной окраины Прикаспийской впадины благоприятны для формирования и сохранения залежей нефти и газа.

Принята редколлегией 26 февраля 1990 г.

УДК 552 : 578.3 : 546.6/8

© Коллектив авторов, 1991.

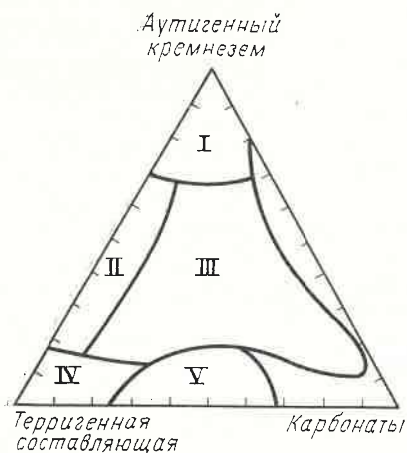
## Состав и рудная специализация фанерозойских черных сланцев

И. С. ГОЛЬДБЕРГ, А. А. МИЦКЕВИЧ, Г. В. ЛЕБЕДЕВА (ВНИГРИ),  
В. П. СОЛОДУХИН (ИЯФ АН КазССР)

В разрезе фанерозоя установлена [6] достаточно четкая периодичность накопления сапропелевых углеродистых формаций, так называемых черных сланцев (ЧС). Многие из этих формаций обогащены Mo, Re, U, Se, Cd, Bi, Tl, V, As, Ag, An, Sb и другими редкими и рассеянными элементами (РЭ). На общем повышенном геохимическом фоне углеродистых пород выделяются группы формаций, характеризующиеся определенным набором РЭ, содержание которых на несколько порядков превышает их кларки и может достигать уровня промышленных рудных концентраций. Рудная специализация сапропелевых углеродистых формаций, исходя из существующих представлений о концентрационной функции ор-

ганического вещества (ОВ), должна отражать условия накопления и фоссилизации ОВ и среду седиментации как источника металлов. Различия в обстановках образования ЧС различных генетических типов проявляется не только в распределении и концентрации РЭ, но и в минеральном составе пород, что позволяет увязывать их вещественный состав с металлоносностью. Предложенная вещественная классификация ЧС базировалась на комплексе методов (рентгеновский, химические — силикатный и карбонатный, петрографический и др.), причем ведущее значение имели химические исследования. Данные химических анализов пересчитывались на полный минеральный состав с выделением главных компонен-





«Схема классификации пород, обогащенных сапропелевым ОВ:

доманикиты: I — кремнистые, II — глинисто-кремнистые, III — кремнисто-карбонатные; горючие сланцы: IV — терригенные, V — глинисто-карбонатные

тов этих пород: свободного аутигенного кремнезема, карбонатов и терригенной составляющей, представленной в основном глинистыми минералами.

На итоговой классификационной диаграмме (рисунок), которая построена на основании результатов обработки около 500 анализов ЧС из различных бассейнов, выделяется пять типов пород. Генетические основы классификации рассмотрены в работе Г. В. Лебедевой и Е. Ю. Корольковой. Первые три типа: кремнистые (поле I), глинисто-кремнистые (поле II) и кремнисто-карбонатные (поле III) по особенностям образования, распространения и вещественному составу могут быть отнесены к осадкам доманикового типа. Эти породы всегда содержат повышенное количество свободного аутигенного кремнезема, который, как считает большинство исследователей, имеет планктоногенную природу. Доманикиты представляют собой осадки некомпенсированных («голодных»), сравнительно глубоководных морских бассейнов, накапливающиеся с чрезвычайно низкой скоростью (1—6 м/млн лет), нередко при дефиците кислорода в наддонных водах и широком распространении сероводородного заражения. Решающими факторами накопления ОВ в этих осадках являлись пониженные темпы седиментации при очень слабом минеральном разбавлении, и высокая степень фоссилизации ОВ в основном за счет образования органоментморил-

лонитовых соединений. Одновременно эти факторы способствовали протеканию длительных процессов абсорбции металлов из морской воды активным ОВ в раннем диагенезе, что приводило к образованию мощных геохимических аномалий.

Другой разновидностью углеродистых отложений являются собственно горючесланцевые формации, представленные терригенными (поле IV) и глинисто-карбонатными (поле V) породами, практически лишенными аутигенного кремнезема. С этими формациями связано большинство наиболее богатых месторождений горючих сланцев (ГС), содержащих до 20—50 % ОВ. Основным фактором, контролирующим накопление больших масс ОВ, являлась, очевидно, резко повышенная величина первичной биопродукции — фактор Р, по Я. Э. Юдовичу [10]. Поскольку образование ГС происходило, как правило, в мелководноморских или континентальных бассейнах, накопление и сохранение ОВ могло обеспечиваться только высокими скоростями седиментации, приводящими к быстрому захоронению осадка. Кроме того, значительное количество ОВ (в т. ч. гумусового) поступало с терригенным материалом, о чем свидетельствуют низкоуглеродистые породы в терригенных разрезах межгорных впадин. Следует отметить, что в отличие от доманикитов, среди глинистых минералов ГС преобладают гидрослюда и каолинит, которые не образуют органоминеральных соединений и не консервируют ОВ в таких масштабах как монтмориллонит. Обособленность ОВ от минеральных компонентов ГС обуславливает их более высокие основные качественные параметры (выход сланцевой смолы, теплотворную способность). Вместе с тем, специфика образования ГС — высокие скорости седиментации, кратковременный диагенез и быстрый «отрыв» осадка от придонных вод, накопление часто в пресноводных и замкнутых водоемах, обедненных РЭ в водной среде, не способствовало концентрированию этих элементов в горючих сланцах.

В табл. 1 сведены наиболее важные показатели, отличающие обстановки образования доманикитов и горючих сланцев, а также минералогические, литологические и геохимические признаки этих пород.

# 1. Сравнительная характеристика горючих сланцев и доманикитов

| Показатели                                               | Горючие сланцы                                                                                     | Доманикиты                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Режим осадконакопления; скорости седиментации, м/млн лет | Компенсированный; относительно высокие, до 50—100                                                  | Некомпенсированный; низкие: до 1—6                                                                                           |
| Фациальные обстановки                                    | Мелкое море, лагуны, озерные водоемы                                                               | Относительно глубоководное: море (до 500—1000 м); широкое распространение сероводородного заражения наддонных вод            |
| Тектоническая приуроченность                             | Внутриплатформенные синеклизы, мелкие депрессии на платформенных структурах, межгорные впадины     | Платформы, преимущественно области перикратонных опусканий; геосинклинальные области                                         |
| Площади распространения, км <sup>2</sup>                 | Отдельные впадины площадью в десятки-сотни, реже первые тысячи                                     | Непрерывное распространение на площадях в десятки-сотни тысяч до первых миллионов                                            |
| Вмещающие породы                                         | Песчаники, алевролиты, конгломераты, эффузивы, глинистые породы, редко карбонаты; встречаются угли | Глинистые и глинисто-карбонатные породы, известняки                                                                          |
| Тип пород, обогащенных ОВ                                | Горючие сланцы глинистые и карбонатно-глинистые, обычно алевролитистые                             | Доманикиты, кремнистые, глинисто-кремнистые, глинистые и кремнисто-карбонатные                                               |
| Породообразующие минералы                                | Гидрослюда, каолинит, монтмориллонит, кальцит, доломит, пирит, значительная алевроитовая примесь   | Монтмориллонит, кальцит, доломит, опал, халцедон, пирит, незначительная алевроитовая примесь                                 |
| Мощность толщи, включающей породы, обогащенные ОВ, м     | Сотни, иногда первые тысячи                                                                        | Первые десятки                                                                                                               |
| Число прослоев (пластов), обогащенных ОВ                 | Десятки                                                                                            | Единицы                                                                                                                      |
| Количество ОВ на конец диагенеза, %                      | 15—50                                                                                              | 5—20, редко до 30                                                                                                            |
| Тип ОВ                                                   | Гумито-сапропелитовый, сапропелитовый                                                              | Преимущественно сапропелитовый                                                                                               |
| Теплотворная способность, Дж/кг                          | $4,186 \cdot 10^3$ — $18,9 \cdot 10^3$ (чаще $8,4 \times 10^3$ — $11,75 \cdot 10^3$ )              | 800—2500 (чаще около 1000)                                                                                                   |
| Выход сланцевой смолы, %                                 | 3,5—32,5 (чаще 10—15)                                                                              | 1,5—8 (чаще 3—4)                                                                                                             |
| Содержание металлов                                      | Околокларковые; выше кларка Mo, Re, иногда P, U, Se, Cd, Au, Ag, As, Cu                            | Повсеместно выше кларка: на 1—4 порядка Re, Se, Mo, Cd, Bi, Ag, Au, As, Ti, Sb, U, V, Zn, часто P, Ni, иногда Cu, Pb, Co, Cr |

Разработанная классификация доманикитовых и горючесланцевых формаций по их вещественному составу и генетическим признакам хорошо увязывается с распределением в них РЭ. Фактический материал, положенный в основу выполненных построений, включает многочисленные данные по микроэлементному составу ЧС, опубликованные в отечественной и зарубежной литературе, а также результаты аналитических исследований ЧС из различных бассейнов (Балтийский, Западно-Сибирский, Оленекский, Тимано-

Печорский, Волжский и др.), выполненных методами нейтронной активации в Институте ядерной физики АН КазССР (В. П. Солодухин, Г. М. Кабирова) и флуоресцентного рентгено-радиометрического и эмиссионного спектрального анализов во ВНИГРИ (А. Р. Назаров, Л. Н. Головешкина, Л. В. Генниг).

На основании выполненных расчетов концентрационных рядов РЭ в ЧС удалось выявить характерные ассоциации органотфильных элементов и по ним типизировать основные фанеро-

2. Металлогенетические типы доমানитовых и горючсланцевых формаций

| Бассейн                                       | Страна                    | Возраст, горизонт, свята                                                                | Тип формации                                           | Преобладающий состав пород                | Содержание ОВ (среднее), %                 | Металлогенетические ассоциации в порядке убывания К элементов |                          | Элементы, образующие собственные минералы | Месторождения (содержание металлов, г/т)                                                             |
|-----------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                               |                           |                                                                                         |                                                        |                                           |                                            | основные                                                      | второстепенные           |                                           |                                                                                                      |
| Балтийский                                    | Швеция, [10, 11]          | O <sub>1</sub> , диكتио-немовая<br>Є <sub>2</sub> —Є <sub>3</sub><br>«квасцовые сланцы» | Доманикитовый                                          | Кремнисто-глинистый                       | 6—15                                       | Bi, Mo, U, V                                                  | As, Au, Ag, Zn, Cu       | Fe                                        | Остергогланд (Mo—135; U—140—190; V—2000)                                                             |
|                                               |                           |                                                                                         | "                                                      | "                                         | 5—30 (12)                                  | Bi, Mo, U, V                                                  | As, Ag, Au, Cd, Zn, Cu   | P, Fe                                     | Нярке (Mo—270; U—135—245; V—1000); Биллингс-Фалбинген (Mo—270—340; U—155—337; V—780)                 |
|                                               | СССР [8 данные авторов]   | Доманикитовый                                                                           | Кремнисто-глинистый                                    | 5—14 (11)                                 | Re, Bi, Mo, U, V                           | Au, Ag, Cd, Sb, As, Se                                        | P, Pb, Zn, Fe            | Тоолсе                                    |                                                                                                      |
|                                               |                           | США, [10]                                                                               | D <sub>3</sub> —C <sub>1</sub> <sup>1</sup> , гессовей | Доманикитовый                             | Кремнисто-глинистый                        | 5—25 (22)                                                     | Mo, U, V                 | Ag, Zn, Cu, Th                            | P, Fe                                                                                                |
| Западно-Сибирский                             | СССР, [4, данные авторов] | J <sub>3v</sub> —K <sub>1v</sub> баженовская                                            | Доманикитовый                                          | Кремнисто-глинистый и глинисто-кремнистый | 6—15 (10)                                  | Mo, Se, Zn, U, As, Sb                                         | Au, Ag, V, Ni, Cu        | Fe                                        | —                                                                                                    |
|                                               |                           |                                                                                         | Доманикитовый                                          | Кремнистый                                | III U                                      | U                                                             | Mo, Cr, Be, Y, V, Cu, Ni | P                                         | Темблор, Рэндж (U—240)                                                                               |
| Калифорнийский, (Вентура, Лос-Анджелес и др.) | США, [14]                 | N <sub>1</sub> , Монтерей, Сискуок                                                      | Доманикитовый                                          | Кремнистый и глинисто-кремнистый          | 4—14 (5,4)                                 | U                                                             | Mo, Cr, Be, Y, V, Cu, Ni | P                                         | Мид Пик Фосфатик (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —30,5 %; U—120; V—1500—4000; Se—680; Mo—500 Zn—3500) |
| Фосфория (зона древнего ашвеллинга)           | США, [10]                 | P <sub>1</sub> , Фосфория (горизонт Мид Пик) «ва-надисносная зона»                      | Доманикитовый                                          | Кремнисто-карбонатный                     | IV P—V(Mo, Se, Zn, U)<br>7—10 (5)<br>10—17 | P, V, Se, Mo, Zn, U                                           | Ni, Cu, Cd, Pb           | P, Zn, Pb, Fe                             |                                                                                                      |



|                                                            |                                   |                                                              |                            |                                         |                   |                                  |                                                    |                                  |                                                                                                                                                              |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------|-------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Иллиной-<br>ский (вос-<br>точная ли-<br>торальная<br>зона) | США, [13]                         | C <sub>2</sub> —C <sub>3</sub>                               | Доманик-<br>товый          | Кремнисто-<br>карбонат-<br>ный          | 4—24              | P, U, V,<br>Mo, Se, Zn           | Cu, Ni, Pb,<br>Cd                                  | P, Pb, Mo,<br>Zn, Fe             | Логан Квотри (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —1 %;<br>U—240; V—1430; Mo—730;<br>Se—300); Мекка Квотри (U—<br>160; V—5850; Mo—1160;<br>Se—250)                 |
| V Mo—V(Cd, Bi, Se)                                         |                                   |                                                              |                            |                                         |                   |                                  |                                                    |                                  |                                                                                                                                                              |
| Оленекский                                                 | СССР, [1,<br>2 данные<br>авторов] | C <sub>1</sub> —C <sub>2</sub><br>куонамская                 | Доманик-<br>товый          | Кремнисто-<br>карбонат-<br>ный          | 6—33 (14)         | Mo, Cd, Bi,<br>V, Se             | Zn, Au, Ag,<br>As, Sb, Ni                          | P, Fe                            | —                                                                                                                                                            |
| Эроманга                                                   | Австралия,<br>[15]                | K <sub>1</sub> , Тулбак                                      | Доманик-<br>товый          | Кремнисто-<br>карбонат-<br>ный          | 4—26 (13)         | Mo, Bi, Cd,<br>Se, V             | Zn, U, Ni,<br>As, Ag, Sb                           | Fe                               | Джулия Крик (Mo—270; V—<br>2000; Cd—25; Se—30; Au—<br>5; U—30)                                                                                               |
| VI Ag—Mo—Zn(Cd, Bi, Ti)                                    |                                   |                                                              |                            |                                         |                   |                                  |                                                    |                                  |                                                                                                                                                              |
| Атлантиче-<br>ский                                         | [12]                              | K                                                            | Доманик-<br>товый          | Кремнисто-<br>карбонат-<br>ный          | (6)               | Bi, Cd, Ti,<br>Ag, Mo, Zn,<br>V  | Cu, Cr, Ni,<br>Co                                  | Fe                               | —                                                                                                                                                            |
| VII Re—Mo—Se(Cu, Zn, Pb, Ag)                               |                                   |                                                              |                            |                                         |                   |                                  |                                                    |                                  |                                                                                                                                                              |
| Центрально-<br>Европейский                                 | Германия<br>[10]                  | P <sub>2</sub> , Кунфер-<br>шпер «ме-<br>дистый сла-<br>неп» | Доманик-<br>товый          | Кремнисто-<br>карбонат-<br>ный          | 7—15              | Cu, Zn, Pb,<br>Ag, Re, Se,<br>Mo | Au, As, V,<br>Ni, Co, Cd,<br>Ge, U                 | Cu, Pb, Zn<br>Cd, Ag, Fe         | Мансфельд (Cu—2,5 %; Zn—<br>0,7 %; Pb—0,44 %; Re—0,7;<br>Se—300; Mo—65—920); Зан-<br>герхаузен Cu—2,95 %; Zn—<br>1,25 %; Pb—0,64 %; Ag—106;<br>Re—21; Mo—201 |
| Центрально-<br>Европей-<br>ский                            | Германия<br><br>Польша            | То же<br><br>"                                               | Доманик-<br>товый<br><br>" | Кремнисто-<br>карбонат-<br>ный<br><br>" | 7—15<br><br>10—13 | Cu, Zn, Pb,<br>Ag, Re, Se,<br>Mo | Au, As, V,<br>Ni, Co, Cd,<br>Ge, U                 | Cu, Pb, Zn<br>(Cd), Ag, Fe<br>Jr | Рихельсдорф (Cu—1—3 %;<br>Zn—0,6—1 %<br>Pb—0,5—0,7 %)                                                                                                        |
| Сырдарын-<br>ский, Верх-<br>неамударь-<br>инский           | СССР, [5<br>данные ав-<br>торов]  | P <sub>2</sub> , сузак-<br>ский                              | Доманик-<br>товый          | Кремнисто-<br>карбонат-<br>ный          | 12—31             | Re, Mo, Se,<br>Cd                | Tl, Bi, V,<br>Ag, Ni, Sb,<br>Cu, Zn                | Fe                               | Любин-Сорошницкое (Cu—<br>4,5 %; Зеестейн (Se—300;<br>Mo—80—310)<br>Байеунское, Уртабулак и др.                                                              |
| VIII Re—Mo                                                 |                                   |                                                              |                            |                                         |                   |                                  |                                                    |                                  |                                                                                                                                                              |
| Волжский и<br>Тимано-Пе-<br>чорский                        | СССР, [5<br>данные ав-<br>торов]  | J <sub>3</sub> V <sub>1</sub>                                | Горюче-<br>сланцевый       | Глинисто-<br>карбонат-<br>ный           | 7—15<br>15—40     | Re, Mo                           | Se, Cd, Bi,<br>Au, Ag, As,<br>V, Ni, Sb,<br>Zn, Tl | Fe                               | Каширское; Алювинское и др.                                                                                                                                  |

| Бассейн             | Страна                                                             | Возраст, горизонт, свита               | Тип формации     | Преобладающий состав пород | Содержание ОВ (среднее), % | Металлогенетические ассоциации в порядке убывания К <sub>к</sub> элементов |                   | Элементы, образующие собственные минералы | Месторождения (содержание металлов, г/т)                                                        |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                     |                                                                    |                                        |                  |                            |                            | основные                                                                   | второстепенные    |                                           |                                                                                                 |
| IX Мо               |                                                                    |                                        |                  |                            |                            |                                                                            |                   |                                           |                                                                                                 |
| Западно-Европейский | Великобритания, Ирландия, Франция, Германия, Швейцария и др., [10] | J <sub>1</sub> , «посл-доневые сланцы» | Горюче-сланцевый | Глинисто-карбонатный       | 10—30                      | Mo                                                                         | V, Ni, Co, Cu, Cr | Fe, (Li), Sr                              | Стоуэл Пик (Mo—60); Дорсет (Mo—15—260); Вюртенберг (Mo—80); Мон-Терри (Mo—40)                   |
|                     |                                                                    |                                        | Горюче-сланцевый | Глинисто-карбонатный       | 8—50 (14)                  | Mo, P, U                                                                   | As, Zn, Cu, V, Au | Na, Ba, Sr, Fe, P, U                      | Вилкинг Пик (Mo—200); Кордодо — (Mo—30) P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> —2,2—18 %; U—0,005—0,15 % |

зойские углеродистые формации мира. Эти металлогенетические ассоциации определялись по элементам, имеющим для данного типа формаций устойчиво минимальные значения коэффициентов концентрации (К<sub>к</sub>) — отношение содержания элемента в породе, обогащенной ОВ ( $\geq 5\%$ ), к его кларку для глин. Эти данные обобщены в табл. 2, где дано распределение РЭ в девяти выделенных нами металлогенетических типах (МТ) фанерозойских черных сланцев мира с примерами основных известных месторождений.

Приведенные данные по распределению и концентрации РЭ в черных сланцах разного вещественного состава позволяют сделать следующие выводы.

Накопление редких и рассеянных элементов в ассоциации с ОВ и уровни их концентрации определяются обстановками образования фанерозойских ЧС и главным образом средой осадконакопления и скоростью седиментации. Подтверждается вывод о том, что концентрации органофильных элементов возникают не в результате биологической деятельности, а в процессе медленной абсорбционной аккумуляции элементов на ОВ из наддонного слоя морской воды [2, 9]. Прослеживание однотипных металлогенетических ассоциаций на различных стратиграфических уровнях (от кембрия до неогена) свидетельствует в целом о сравнительно постоянном микроэлементном составе морской воды на протяжении всего фанерозоя. Наиболее высокие концентрации РЭ характерны для доманикитовых формаций, отлагавшихся в зонах, не компенсированных накапливающимися осадками и соответственно с сокращенными мощностями рудоносных сланцев.

В кремнисто-глинистых доманикитах наблюдается тесная связь ОВ с глинистыми минералами, которые уже в диагенезе образуют единые органо-монтмориллонитовые соединения, сорбирующие основную часть металлов, что определяет высокие средние концентрации, г/т: Мо (до 135—400), U (до 140—340), V (до 1500—2000), Se (до 300) и других РЭ и сравнительно равномерное их распределение по площади при строгой стратифицированности оруденения по разрезу; торможение эпигенетических реакций и скач-

кообразный характер нефтеобразования на относительно повышенных грациях катагенеза (при температуре 100—120 °C) с образованием легких нефтей, обедненных металлоносными асфальтово-смолистыми компонентами [3]; возможность перераспределения рудного вещества только в зонах метаморфизма и под воздействием гидротермальных растворов.

В кремнисто-карбонатных доманикитах, из-за малой доли глинистого вещества, основная масса ОВ остается кристаллохимически не связанной с породой, что обуславливает неравномерное распределение РЭ по площади бассейна с образованием локальных аномальных концентраций, г/т: Мо (до 800—2600), Re (до 5—30), V (до 4500—6200), Se (до 200—400) и других металлов на сорбционных (преимущественно глинистых) барьерах за счет перераспределения рудного вещества; а также возможность нефтеобразования на относительно низких грациях катагенеза с образованием изначально тяжелых циклических высокосмолистых нефтей, обогащенных V, Ni, Mo, Re, Co, Cr и другими металлами [3].

В кремнистых доманикитах, характеризующихся пониженным содержанием ОВ, которое частично связано в органокремнистых соединениях, слабо проявляются сорбционные свойства пород, что определяет сравнительно низкую концентрацию металлов.

В горючесланцевых формациях концентрации РЭ в ассоциации с ОВ редко превышают кларковый уровень в связи с высокими темпами сланценакопления, кратковременным диагенезом и быстрым отрывом осадка от придонных вод. Кроме того, многие горючие сланцы накапливались в континентальных бассейнах, т. е. были лишены основного источника РЭ — морской воды.

Основные перспективы металлоносности фанерозойских черных сланцев на территории СССР связаны: с кремнисто-карбонатными доманикитами куонамского горизонта Оленекского бассейна (Mo, V, Cd, Bi) и сузакского горизонта бассейнов Средней Азии (Mo, Re, Ag и др.), где возможно обнаружение промышленных рудных концентраций как в зонах сокращенных мощностей этих формаций, так и на сорбционных барьерах; с кремнисто-глини-

стыми доманикитами (диктионемовые сланцы) Балтийского бассейна (Mo, V, Re и др.) в зонах сокращенных мощностей рудоносных сланцев.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бахтуров С. Ф., Евтушенко В. М., Переладов В. С. Куонамская битуминозная карбонатно-сланцевая формация. — Новосибирск: Наука, 1988.
2. Гавшин В. М. Проблема седиментационного накопления микроэлементов в черных сланцах и метрологические основы ее решения // Ассоциации микроэлементов с органическим веществом в осадочных толщах Сибири. Новосибирск, 1984. С. 6—16.
3. Гольдберг И. С. Металлогеническая специализация нефтегазоносных провинций и условия формирования металлоносных месторождений нефтей и битумов // Основы прогноза и поисков нетрадиционного углеводородного сырья. Л., 1989. С. 101—121.
4. Лебедева Г. В., Королькова Е. Ю. Вещественный состав горючих сланцев и доманикитов как основа для прогноза нетрадиционных месторождений углеводородов и металлов // Основы прогноза и поисков нетрадиционного углеводородного сырья. Л., 1989. С. 74—85.
5. Металлогения и геохимия угленосных и сланцесодержащих толщ СССР / В. Р. Клер, Г. А. Волкова, Е. М. Гурвич и др. // Геохимия элементов. М., 1987.
6. Неручев С. Г. Уран и жизнь в истории Земли. — Л.: Недра, 1982.
7. Пукконен Э. М. Макроэлементы и малые элементы в граптолитовом аргиллите Эстонии // Горючие сланцы. 1989. № 6/1. С. 11—18.
8. Условия формирования и методика поисков залежей нефти в аргиллитах баженовской свиты / Ф. Г. Гурари, Э. Я. Вайц, В. И. Москвин и др. — М.: Недра, 1988.
9. Хорн Р. Морская химия (структура воды и химия гидросферы). — М.: Мир, 1972.
10. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Геохимия черных сланцев. — Л.: Наука, 1988.
11. Anderson L. A., Bjerle J. The Swedish Shale Research Program // Proceeding Int. Conf. on Oil Shale and Shale oil. Beijing, China. 1988. P. 16—19.
12. Brumsack H. J., Miron L. Inorganic geochemistry of Atlantic Ocean sediments with special reference to Cretaceous black shale // Geol. North-West Afr. Contin. Margin. Berlin et al., 1982. P. 661—685.
13. Coveney R. M., Sharon P. M. Molybdenum and other heavy metals of the Mecca Quarry and Logan Quarry Shales // Econ. Geology. 1983. Vol. 78. N 1. P. 132—149.
14. Durham D. L. Uranium in the Monterey Formation of California // U. S. Geol. Survey Bull. 1581-A, Washington. 1987.
15. Patterson I. H., Ramsden A. R., Dale L. S. Geochemistry and mineralogical residences of trace elements in oil shales from Julia Creek, Queensland, Australia // Chem. Geol., 1986. Vol. 55, N 1/2. P. 1—16.

Принята редколлегией 28 мая 1990 г.



## Формы рудных тел медноколчеданных месторождений

Л. М. ПЕТРУХА (Свердловский горный институт)

Формы рудных тел колчеданных месторождений изучались многими исследователями [1—6, 9, 10 и др.]. Их классификация включала обширный перечень: воронка, воронкообразная, гриб, грибовидная, жилообразная, клиновидная, лентовидная, лентообразная, линза, линзовидная, линзообразная, пластообразная, столбовидная, столбообразная, сундукообразная, Т-образная, треугольная, языковидная и др. [2, 5, 6]. Причем перечисленные формы рудных тел установлены для вулканогенно-осадочных месторождений [10]. Рудные тела, образовавшиеся в метасоматический субвулканический этап, безусловно, имеют более сложную форму. Однако нередко формы рудных тел определяются несколько вольно, не в соответствии с принятой терминологией [11]. Во многих случаях они характеризуются не в целом, а даются лишь сечения и проекции рудных тел, без геометризаци их морфометрических параметров. При описании ряда месторождений сведения о формах залежей и вовсе отсутствуют.

Для типизации форм рудных тел медноколчеданных месторождений нами применен качественно иной подход, а именно геометризация и анализ морфометрических полей отметок подошвы, кровли, а также мощности, изучение пространственных соотношений этих полей, уровня строения морфометрических полей, изменчивости мощности, тектонической нарушенности [7, 8]. Обобщение и анализ данных разведочных и эксплуатационных работ проведены по 30 рудным телам 19 медноколчеданных месторождений Урала и Кавказа (Красногвардейского, имени III Интернационала, Леви-ха XIII, Дегтярского, Южного, Учалинского, имени XIX Партсъезда, Узельгинского, Талганского, Чебачьего, Молодежного, Сибайского, Октябрьского, Подольского, Юбилейного, Комсомольского, Джусинского, Гайского, Урупского) с применением гео-

метро-статистического моделирования [7, 8].

*Краткая геологическая характеристика месторождений.* Уральские медноколчеданные месторождения располагаются в пределах Тагило-Магнитогорского эвгеосинклинального прогиба [2, 5, 6, 10]. Они относятся к герцинским образованиям — верхнесилурийским в северной части Урала (Тагильское погружение) и среднедевонским в южной части (Магнитогорское погружение). Месторождения в основном размещены среди эффузивов кислого состава, причем большинство их находится в антиклинальных структурах — брахиантиклиналях, горст-антиклиналях, вулcano-купольных структурах, в местах их пересечения глубинными региональными разломами.

Рудные тела медноколчеданных месторождений Урала характеризуются субмеридиональным простиранием и согласным залеганием, падение залежей почти на всех месторождениях восточное. По условиям залегания они разделяются на пологозалегающие, наклонные, крутопадающие и запрокинутые. Форма рудных тел, как будет показано ниже, линзовидная, пластообразная и линзовидно-пластообразная. Минеральный состав руд типичный для колчеданных месторождений. Основной минерал — пирит, в массе которого присутствуют халькопирит и сфалерит. Другие минералы имеют подчиненное распространение. Выделяют серные, медные, цинковые, медно-цинковые, цинково-медные сплошные и вкрапленные руды. Последние встречаются не на всех месторождениях, и их количество относительно невелико. Граница кровли рудных тел с вмещающими породами резкая, а в лежащем боку нередко сплошные руды сменяются вкрапленными и далее редкой сульфидной вкрапленностью. Гидротермально-метасоматические изменения вмещающих пород имеют широкое развитие в основном в лежащем боку рудных тел.

В пределах колчеданосного Передового хребта Кавказа, где проявился геосинклинальный этап герцинского тектонического цикла [3, 9], размещается ряд рудных районов, полей и месторождений, в т. ч. и Урупское, находящееся в западной части. Оно располагается на контакте двух свит — нижней эффузивной, сложенной кварцевыми альбитофирами и диабазами, и верхней туфогенно-осадочной среднего девона, слагающих южное крыло Урупской антиклинали. На месторождении широко распространены разрывные нарушения. Рудное тело имеет пологое южное падение. Форма его в плане изометрическая, в разрезе пластообразная. Длина по простиранию и падению сотни метров. Руды в основном сплошные с незначительным развитием в лежачем боку залежи прожилково-вкрапленных. Вещественный состав руд аналогичный таковому уральских месторождений. Гидротермально измененные породы с вкрапленностью сульфидов широко распространены в лежачем боку рудного тела.

*Методика и объемы исследований.* Изучение уровневого строения морфометрического поля мощности и геохимических полей меди, цинка и серы и изменчивости оценочных геологических параметров проводилось в основном на эксплуатируемых месторождениях с использованием материалов опережающей и сопровождающей подстадий эксплуатационной разведки, т. к. для решения этих вопросов требуется густая сеть наблюдений. Приведены результаты исследований по данным многих тысяч пересечений рудных тел и сотен тысяч химических анализов на медь, цинк и серу. Общая длина изученных профилей составила 147 562 м.

Обработка данных заключалась в построении одномерных графиков изменчивости оценочных геологических параметров в системе координат: мощность рудного тела (содержание полезного компонента) — расстояние, а также в выравнивании исходных данных, оценке уровневого строения, расчете частотных и амплитудных характеристик морфометрических и геохимических полей. Эти исследовательские операции выполнялись на ЭВМ ЕС-1022 в вычислительном центре Свердловского горного института по специально разработанной программе.

Выравнивание исходных данных на одномерных сечениях рудных тел для вычисления значений регулярных составляющих полей осуществлялось с помощью интерполяционного полинома [8]:

$$U_j = 0,625 (U_{i-2} + 4U_{i-1} + 6U_i + 4U_{i+1} + U_{i+2}),$$

где  $U_j$  — значение регулярной составляющей поля;  $U_i$  — значение переменной по данным опробования или замеров мощности в  $i$ -й точке по профилю.

Оценка частотных характеристик морфометрических и геохимических полей проводилась путем вычисления радиусов геометрической автокорреляции после выравнивания исходных данных по формуле:

$$R_q = L (1 + 2K_q)^{-1},$$

где  $R_q$  — радиус геометрической автокорреляции, м;  $L$  — длина участка аппроксимации, м;  $K_q$  — количество экстремальных значений аппроксимирующей поле функции на профиле;  $q$  — структурный уровень [8]. Структурные уровни строения морфометрических и геохимических полей на сечениях выделялись способом последовательного осреднения значений оценочных параметров на интервалах  $4R_q$  со смещением на шаг, равный  $2R_q$ . Для вновь построенного уровня ( $q-1$ ) вычислялся  $R_{q-1}$ , который использовался в дальнейшем для аппроксимирующей функции на следующем структурном уровне и т. д.

Уровневое строение определялось в нисходящем порядке последовательным осреднением данных самого высокочастотного уровня изменчивости регулярной компоненты. Уровень среднего принимался в качестве нулевого уровня. Относительно него выделялись последующие уровни строения морфометрических и геохимических полей.

Для изучения закономерностей строения морфометрических полей отметок кровли, подошвы и мощности рудных тел и их пространственных соотношений проводилась геометризация этих оценочных параметров. Морфометрические данные наносились на горизонтальные или вертикальные проекции рудных тел. После этого начиналась геометризация указанных характеристик рудных тел графическим способом задания функций, описывающих двумерные геологические поля [7, 8].

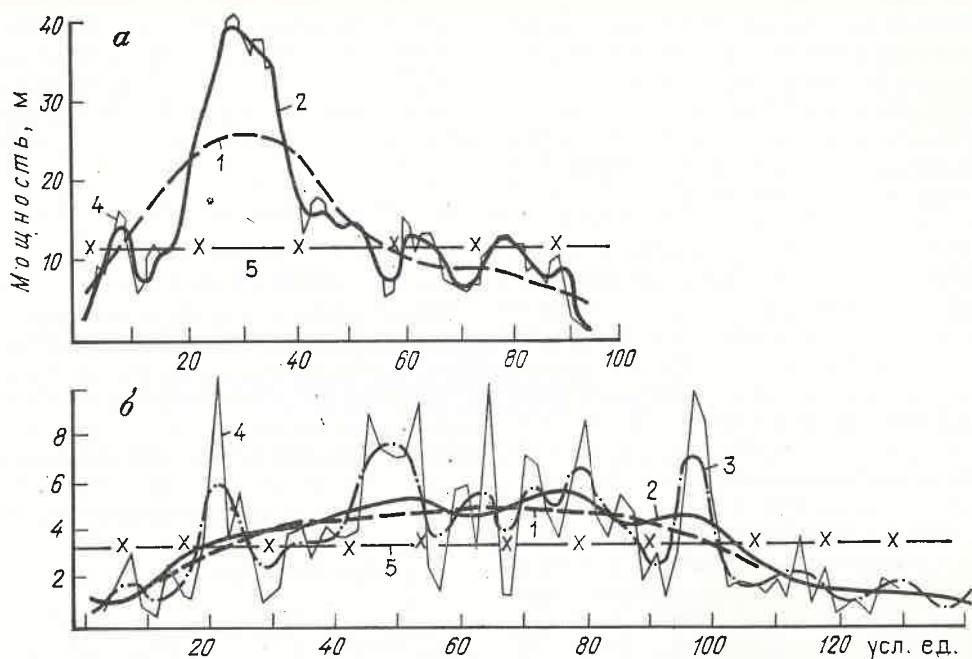


Рис. 1. Уровневое строение морфометрических полей рудных тел Южного (а) и Урупского (б) медноколчеданных месторождений (по проектированию):

1—3 — графики регулярной компоненты на различных структурных уровнях изменчивости соответственно на первом, втором и третьем; 4 — эмпирическая кривая изменчивости; 5 — нулевой уровень (среднего значения)

Построено 60 двухмерных графиков по данным нескольких тысяч пересечений.

Пространственное соотношение морфометрических полей отметок кровли и мощности, подошвы и мощности, кровли и подошвы изучалось визуально, путем анализа распределения и корреляции этих оценочных параметров. Построено 54 корреляционных графика в системе координат (отметки кровли — отметки подошвы, отметки кровли — мощность, отметки подошвы — мощность) и проведено столько же оценок коэффициентов корреляции между указанными параметрами. Изучение корреляции между оценочными морфометрическими параметрами рудных тел осуществлялось с применением ЭВМ по комплексу программ АСОИ «Геология» (автоматизированная система обработки геологической информации) в ПГО «Уралгеология». Тектоническая нарушенность рудных тел изучалась при помощи корреляционных графиков в системе координат: отметки кровли — отметки подошвы, отметки кровли — мощность, отметки подошвы — мощность, а также проводился анализ строения корреляционных полей, оконтуривание отдельных совокупностей. После этого точки, принадлежащие той или иной совокупно-

сти, переносились на планы или проекции рудных тел и выделялись тектонически однородные блоки.

*Уровневое строение морфометрических полей и изменчивость мощности рудных тел.* В результате исследований выявлено уровневое строение морфометрических полей рудных тел медноколчеданных месторождений. Выделяются периоды изменения мощности нескольких порядков — уровни изменчивости. В строении морфометрических полей мощности месторождений Левиха XIII, Дегтярского, Южного, Учалинского, имени XIX Партсъезда, Сибайского, Октябрьского установлено два структурных уровня, а Красногвардейского, имени III Интернационала, Молодежного, Гайского и Урупского — три уровня (рис. 1). Определены их частотные и амплитудные характеристики (таблица).

Уровневое строение морфометрических полей мощности медноколчеданных месторождений, по нашему мнению, может быть обусловлено следующими причинами. Поскольку изученные месторождения относятся к вулканогенно-осадочному классу по генетической классификации В. И. Смирнова (1969), то первоначальная форма рудных тел была определена формой де-



прессий аккумуляции. Следовательно, первый структурный уровень отражает первоначальную форму рудных тел. Последующие тектоно-магматические и метаморфические процессы привели не только к изменению внутреннего строения и усложнению формы рудных тел, но и изменили их положение — из горизонтального до пологого, наклонного, крутого и даже запрокинутого. Особенности форм залежей, приобретенные при этом, фиксируются на втором и третьем структурных уровнях. Самая сложная форма присуща рудным телам, наиболее тектонически нарушенным (месторождения Красногвардейское, имени III Интернационала, Урупское и др.), морфометрические поля мощности которых характеризуются трехуровневым строением. Таким образом, урвенное строение морфометрических полей мощности отражает особенности образования и преобразования медноколчеданных месторождений. Выявление урвенового строения имеет и практическое значение, т. к. дает возможность типизировать рудные залежи по сложности геологического строения.

В процессе разработки рациональных разведочных систем с применением геолого-математического моделирования обычно исследуется изменчивость основных оценочных геологических параметров, каковыми для медноколчеданных месторождений являются следующие: содержания меди, цинка и серы, а также мощности рудных залежей. Причем при разбивке разведочной сети расчет ведется для показателя, характеризующегося наибольшей изменчивостью.

По рудным телам изученных месторождений вычислены частотные характеристики (радиусы геометрической автокорреляции), показывающие изменчивость содержания меди, цинка и серы, а также мощности рудных тел. Необходимо отметить, что геохимические поля меди, цинка и серы медноколчеданных месторождений также имеют урвенное строение. Частотные характеристики вычислены для оценочных геологических параметров на всех структурных уровнях. В результате установлено, что морфометрические параметры характеризуются меньшей изменчивостью, чем геохимические. На всех уральских месторождениях изменчивость мощности намного ниже,

Средние значения частотных ( $R_q$ ) и амплитудных ( $A_q$ ) характеристик оценочных параметров для разных уровней геохимических и морфометрических полей медноколчеданных месторождений

| Оценочные параметры                                                                                                                                                                               | Общая длина профилей, м | Количество точек наблюдений | $R_{q_1}$ | $A_{q_1}$ | $R_{q_2}$ | $A_{q_2}$ | $R_{q_3}$                            | $A_{q_3}$ |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------------------------|-----------|
| Южное месторождение (Урал)                                                                                                                                                                        |                         |                             |           |           |           |           |                                      |           |
| Содержание:                                                                                                                                                                                       |                         |                             |           |           |           |           |                                      |           |
| меди                                                                                                                                                                                              | 7043                    | 1576                        | 48        | 0,97      | 10        | 1,14      | Не выделяется<br>То же<br>" "<br>" " |           |
| цинка                                                                                                                                                                                             | 2262                    | 420                         | 62        | 1,62      | 13        | 1,99      |                                      |           |
| серы                                                                                                                                                                                              | 2262                    | 389                         | 64        | 5,36      | 12        | 5,99      |                                      |           |
| Мощность                                                                                                                                                                                          | 3013                    | 338                         | 224       | 4,55      | 44        | 5,05      |                                      |           |
| Урупское месторождение (Кавказ)                                                                                                                                                                   |                         |                             |           |           |           |           |                                      |           |
| Содержание:                                                                                                                                                                                       |                         |                             |           |           |           |           |                                      |           |
| меди                                                                                                                                                                                              | 6270                    | 1316                        | 154       | 0,74      | 70        | 0,87      | 27                                   | 1,01      |
| цинка                                                                                                                                                                                             | 6190                    | 1299                        | 120       | 0,51      | 80        | 0,63      | 32                                   | 0,78      |
| серы                                                                                                                                                                                              | 6190                    | 1299                        | 150       | 4,63      | 85        | 5,12      | 31                                   | 5,61      |
| Мощность                                                                                                                                                                                          | 6270                    | 1316                        | 179       | 1,79      | 91        | 2,28      | 37                                   | 2,75      |
| Примечание. $R_{q_1}$ , $R_{q_2}$ , $R_{q_3}$ — радиусы геометрической автокорреляции (м); $A_{q_1}$ , $A_{q_2}$ , $A_{q_3}$ — среднеквадратическая амплитуда (мощности — в м, содержания — в %). |                         |                             |           |           |           |           |                                      |           |
| соответственно для каждого уровня полей.                                                                                                                                                          |                         |                             |           |           |           |           |                                      |           |

Примечание.  $R_{q_1}$ ,  $R_{q_2}$ ,  $R_{q_3}$  — радиусы геометрической автокорреляции (м);  $A_{q_1}$ ,  $A_{q_2}$ ,  $A_{q_3}$  — среднеквадратическая амплитуда (мощности — в м, содержания — в %) — соответственно для каждого уровня полей.

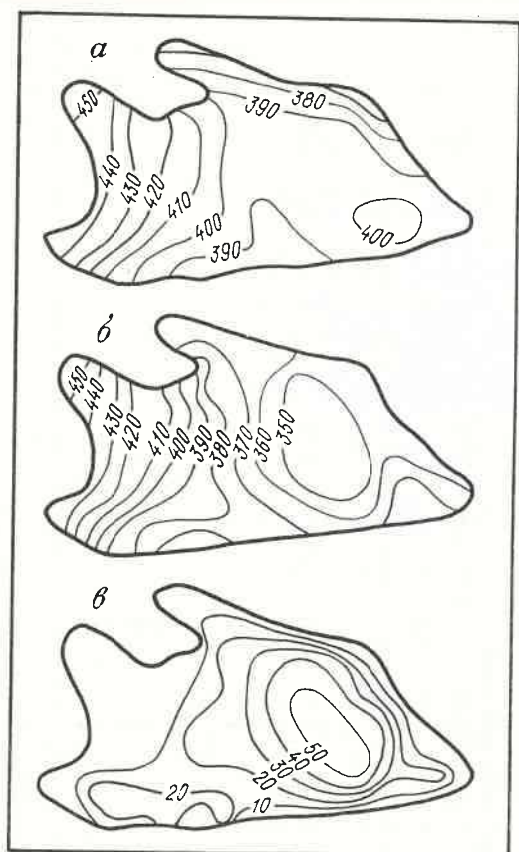


Рис. 2. Результаты геометризации структуры рудного тела месторождения им. XIX Партсъезда, Урал:

а — абсолютные отметки кровли рудного тела, м; б — абсолютные отметки подошвы, м; в — мощность, м

чем изменчивость содержаний меди, цинка и серы. На кавказском месторождении эта закономерность также выдерживается, хотя и не так контрастно. Для примера приводятся средние значения частотных характеристик геохимических полей и морфометрических, полученные при изучении месторождений Южное (Урал) и Урупское (Кавказ) (см. табл.).

*Закономерности строения и пространственные соотношения морфометрических полей.* В результате геометризации отметок кровли и подошвы, а также мощности рудных тел и анализа полученных данных установлены следующие закономерности в строении морфометрических полей. Подошва рудных тел — это практически отпечатки тех депрессий, в которых они сформировались. Поскольку форма депрессий была разной, то и рельеф подошвы рудных тел, в целом характеризующаяся выпуклостью, несколько различен. Вы-

деляются следующие формы подошвы рудных тел: чашеобразная (месторождения имени XIX Партсъезда, залежь 3; Талганское, рудное тело № 2; Южное месторождение, Западная жила; Сибайское, Юбилейное); с двумя чашеобразными образованиями (месторождения Подольское, рудное тело № 1; Учалинское; Узельгинское, рудные тела №№ 4, 5; Красногвардейское, линза Северная; имени III Интернационала, линза 3; Талганское, рудное тело № 1; Чебачье, рудное тело № 1), корытообразная (месторождения Дегтярское; имени XIX Партсъезда, Юго-Восточная залежь; Левиха XIII); субплоская (месторождения имени XIX Партсъезда, Восточная залежь; Молодежное, рудное тело № 1; Гайское, залежь № 3; Урупское). Форма подошвы рудных тел четко определяется по результатам геометризации отметок подошвы и мощности (рис. 2 б, в).

Кровля большинства рудных тел — субплоская (месторождения Дегтярское; Южное; имени XIX партсъезда (см. рис. 2 а); Узельгинское, рудное тело № 5; Талганское; Молодежное; Гайское, залежь 3 и др.), реже куполовидная (месторождения Учалинское; Узельгинское, рудное тело № 4; Чебачье). Наибольшей мощностью характеризуются рудные тела, имеющие чашеобразную и корытообразную формы подошвы.

По результатам геометризации морфометрических параметров рудных тел можно сделать выводы о пространственных соотношениях полей. Выделяются следующие типы пространственных соотношений морфометрических полей отметок подошвы и кровли: конкордантный (положительно согласованные поля) — для рудных тел с субплоскими подошвой и кровлей; антикордантный (отрицательно согласованные) — для рудных тел с выпуклой в разные стороны подошвой и кровлей; дискордантный с относительно незакономерным изменением полей — для всех остальных перечисленных случаев. Отсюда вытекает вывод о влиянии на форму рудных тел и их мощность таких факторов, как форма и размеры депрессий аккумуляции рудного вещества.

Анализ морфометрических полей отметок подошвы и кровли, а также мощности рудных тел позволяет дифференцировать их по форме на пласто-

образные с субплоскими подошвой и кровлей и относительно небольшой изменчивостью мощности, линзовидные с чашеобразной и корытообразной подошвой и субплоской и куполовидной кровлей, а также линзовидно-пластообразные. Комбинированную линзовидно-пластообразную форму имеют рудные тела многих месторождений. Такая форма наблюдается в тех случаях, когда образование залежей завершалось на склонах депрессий. Судя по форме большинства рудных тел депрессии аккумуляции имели асимметричное строение. Поэтому и у рудных тел нередко с одной стороны фиксируется тупое выклинивание при значительной мощности, с другой — переход в маломощный пласт значительной протяженности (см. рис. 2). Здесь имеет место сочетание линзовидной и пластообразной частей рудного тела, а в целом такая форма определена как линзовидно-пластообразная.

Для уточнения пространственных соотношений морфометрических полей на количественной основе проведена оценка их согласованности. Изучены корреляционные связи между отметками подошвы и кровли, отметками подошвы и мощностью, отметками кровли и мощностью. Интерпретация результатов корреляционного анализа осуществлялась в соответствии с методикой морфометрического анализа рудных тел и их корреляционными моделями [7]. При этом получены следующие корреляционные модели, в которые укладываются данные по всем изученным месторождениям.

1. Прямая тесная или весьма тесная корреляционная связь между отметками подошвы и кровли (значения выборочных коэффициентов корреляции  $+0,70 \dots +0,97$ ), отсутствие корреляционной связи между отметками подошвы и мощностью, отметками кровли и мощностью. Эта корреляционная модель соответствует пластообразной форме рудных тел. Такую форму имеют залежи Восточная месторождения имени XIX Партсъезда, № 1 Молодежного, № 4 Юбилейного, № 3 Гайского и Урупского месторождений.

2. Отсутствие корреляционной связи между отметками подошвы и кровли, отметками кровли и мощностью, обратная слабая или тесная корреляционная связь между отметками подошвы и мощностью (значения выбороч-

ных коэффициентов корреляции  $-0,4 \dots -0,7$ ). Такая корреляционная модель отвечает линзовидной форме рудных тел с уплощенной кровлей.

Обратная слабая корреляционная связь между отметками подошвы и отметками кровли ( $-0,4 \dots -0,5$ ), обратная слабая или тесная корреляционная связь между мощностью и отметками подошвы ( $-0,4 \dots -0,7$ ), прямая слабая или тесная корреляционная связь между отметками кровли и мощностью ( $+0,4 \dots +0,6$ ). Такая модель также отражает линзовидную форму залежей, т. е. рудных тел, приближающихся по форме к линзам с выпуклыми подошвой и кровлей и постепенно выклинивающихся по периферии. Линзовидная форма присуща залежам Северной Красногвардейского месторождения, № 1 Подольского, № 4 Узельгинского и Учалинского месторождений.

3. Прямая весьма тесная корреляционная связь между отметками подошвы и кровли ( $+0,82 \dots +0,9$ ), отсутствие корреляционной связи между отметками подошвы и мощностью, прямая тесная корреляционная связь между мощностью и отметками кровли ( $+0,5 \dots +0,56$ ). Эта модель соответствует комбинированной линзовидно-пластообразной форме рудных тел с выпуклой кровлей. Такую форму имеют рудные тела № 1 Талганского, № 2 Юбилейного и Чебачьего месторождений.

Прямая очень тесная корреляционная связь между отметками подошвы и кровли ( $+0,81 \dots +0,95$ ), обратная слабая корреляционная связь между отметками подошвы и мощностью ( $-0,33 \dots -0,46$ ), отсутствие корреляционных связей между отметками кровли и мощностью. Такая модель отвечает также линзовидно-пластообразной форме рудных тел, но с выпуклой подошвой. Эта форма характерна для рудных тел большинства изученных месторождений. Такую форму имеют залежи месторождений Дегтярского, Южного (Западная), имени XIX Партсъезда (№ 3 Юго-Восточная), Молодежного (№ 2), Узельгинского (№ 5), Талганского (№ 2), Комсомольского.

Таким образом, изучение пространственных соотношений между морфометрическими полями отметок подошвы, отметок кровли и мощности позволяет объективно определять формы



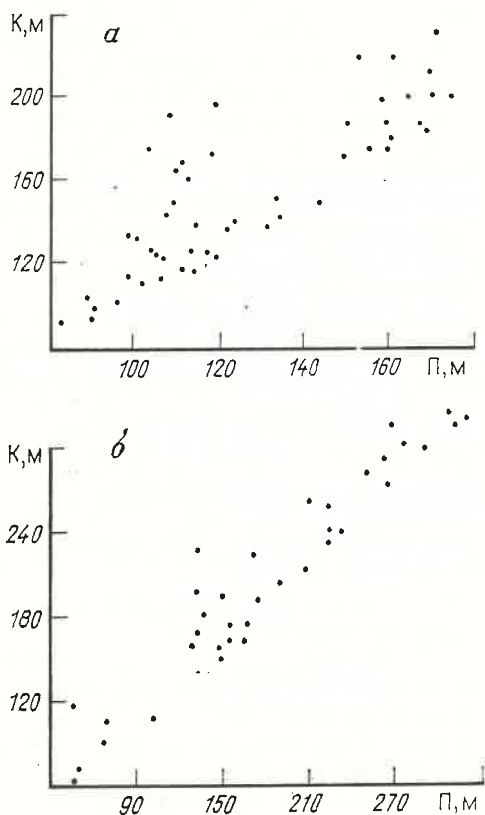


Рис. 3. Корреляционные графики отметок подошвы (П) и кровли (К) рудных тел Чебачьего (а) и Юбилейного, № 4 (б) месторождений

рудных тел. Результаты проведенных исследований позволили установить, что рудным телам медноколчеданных месторождений присущи пластообразная, линзовидная и линзовидно-пластообразная формы.

**Тектоническая нарушенность рудных тел.** Рудные тела многих медноколчеданных месторождений тектонически нарушенные. Отмечаются пликативные дислокации и разрывные нарушения [1, 3, 6]. Северокавказское Урупское месторождение разбито многочисленными тектоническими разрывными нарушениями, и отдельные тектонические блоки рудного тела смещены относительно друг друга. На уральских месторождениях разрывные нарушения наиболее развиты на месторождениях северной и южной групп. Отдельные блоки рудных тел сдвинуты или сброшены вдоль разрывных нарушений. Наименьшее количество даек на уральских месторождениях отмечается в наиболее сжатой части Тагильско-Магнитогорского прогиба (Уфимский выступ), где расположены месторожде-

ния Карабашской группы, а также на территориях, примыкающих к этой структуре (Детярское месторождение и др.). На этих месторождениях наблюдаются относительно небольшие по размерам согласные дайки основного состава. Севернее и южнее в зонах растяжения рудные тела разбиты многочисленными разрывными тектоническими нарушениями, залеченными дайками (Ново-Шемурское, Молодежное месторождение и др.). Такого типа разрывные тектонические нарушения обычно при разведке месторождений выявляются и фиксируются при геологической документации скважин. Но амплитуды смещения отдельных блоков рудных тел относительно друг друга не определяются. На геологических разрезах смещения также не всегда отражаются из-за недостатка данных. Неминерализованные разрывные тектонические нарушения по керну скважин выделять затруднительно. В решении таких задач в значительной мере помогает морфометрический анализ [8].

Степень тектонической нарушенности рудных тел определяется на корреляционных графиках зависимостей между отметками подошвы и отметками кровли, мощностью и отметками подошвы, мощностью и отметками кровли. Строение корреляционных полей этих морфометрических характеристик может быть трех видов.

1. Недислоцированным рудным телам соответствует гомогенная модель корреляционного поля с компактным расположением точек, в виде эллипса с различным соотношением осей в зависимости от формы залежей. Различные варианты такой модели для разных форм рудных тел рассмотрены выше.

2. Рудным телам, испытавшим пликативные дислокации, отвечает также гомогенная модель корреляционного поля, но углы наклона линий регрессий для каждой совокупности отличаются. Примером может служить рудная залежь Комсомольского месторождения.

3. Рудные тела, подвергшиеся дизъюнктивным дислокациям, характеризуются гетерогенной моделью корреляционного поля. Корреляционные поля распадаются на локальные однородные участки, соответствующие тектонически однородным блокам (рис. 3). Отдель-

ные блоки, обладая несколько различными статистическими параметрами (коэффициентами корреляции) и положением линий регрессий, в целом все же наследуют закономерности, присущие недислоцированным рудным телам. Размеры промежутков между отдельными совокупностями на корреляционных графиках соответствуют амплитудам смещения тектонических блоков относительно друг друга.

Решением обратной задачи путем переноса точек отдельных совокупностей на планы или вертикальные проекции рудных тел выделяются тектонически однородные блоки, границами между которыми являются тектонические нарушения. В качестве примеров можно привести рудные тела месторождений имени III Интернационала, Чебачьего, Юбилейного и др. Решение этой задачи имеет практическое значение при отнесении месторождения к той или иной группе по сложности геологического строения, при подсчете запасов и разработке месторождений, особенно подземным способом.

В заключение сформулируем основные выводы.

Морфометрические поля мощности рудных тел медноколчеданных месторождений Урала и Кавказа имеют урочное строение.

Изменчивость мощности рудных тел меньше изменчивости геохимических полей меди, цинка и серы.

В результате геометризации отметок кровли и подошвы, а также мощности рудных тел и анализа пространственных соотношений между морфо-

метрическими полями выделены рудные поля пластообразной, линзовидной и линзовидно-пластообразной форм.

Путем морфометрического анализа определена степень тектонической нарушенности рудных тел.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бородаевская М. Б., Горжевский Д. И., Кривцов А. И. Колчеданные месторождения мира.— М.: Недра, 1979.
2. Колчеданные месторождения зарубежных стран/Под ред. С. Н. Иванова.— М.: Наука, 1984.
3. Колчеданные месторождения СССР/Под ред. С. Н. Иванова.— М.: Наука, 1983.
4. Кривцов А. И. Морфометрические характеристики рудных тел месторождений колчеданного семейства//Геология рудных месторождений. 1988. Т. 30. № 4. С. 58—69.
5. Медноколчеданные месторождения Урала. Геологические условия размещения/В. А. Прокин, В. М. Нечухин, П. Ф. Сопко и др.— Свердловск: УНЦ АН СССР, 1985.
6. Медноколчеданные месторождения Урала. Геологическое строение/В. А. Прокин, Ф. П. Буслаев, М. И. Исмагилов и др.— Свердловск: УрО АН СССР, 1988.
7. Мягков В. Ф. О морфометрических критериях оценки генезиса рудных тел полезных ископаемых//Стратиформные месторождения цветных, редких, благородных металлов и других полезных ископаемых. Фрунзе, 1981. С. 74—75.
8. Мягков В. Ф. Структурная геометро-статистическая модель строения геологических полей и методика решения геологоразведочных задач//Изв. вузов. Геология и разведка. 1984. № 3. С. 44—59.
9. Скрипченко Н. С. Гидротермально-осадочные сульфидные руды базальтоидных формаций.— М.: Недра, 1972.
10. Формы геологических тел (терминологический справочник)/Под ред. Ю. А. Косыгина.— М.: Недра, 1977.

Принята редколлегией 27 августа 1990 г.

УДК 549.753.11 : 552.33 (470.21+571.54/.55)

© А. Я. Жидков, И. Ф. Зотова, 1991

## Сравнительный анализ Сынырского и Хибинского щелочных плутонов

А. Я. ЖИДКОВ, И. Ф. ЗОТОВА (ВСЕГЕИ)

Отечественное производство фосфатных туков базируется преимущественно на переработке апатитов, поэтому прогноз и поиски месторождений этого вида сырья с высоким содержанием пентоксида фосфора — задача актуальная, особенно для восточных регионов страны. Исключительные по запасам и качеству хибинские месторождения апатито-нефелиновых руд, связанные с высоконатриевой петрохимической

серией, остаются и сегодня уникальными. Крупные промышленные залежи богатых апатитовых руд в массивах калиевой специализации пока не выявлены, несмотря на многочисленные рудопроявления и находки представительных образцов.

Согласно систематике массивов щелочных пород Сыныр относится к плутонам первой величины и по своим размерам (585 км<sup>2</sup>) вполне сопоставим

с Хибиннами (1327 км<sup>2</sup>) и Ловозером (650 км<sup>2</sup>). Но в отличие от кольских массивов Сынныр, по существу, до сих пор значится в числе безрудных, если не считать гигантских (более 2 млрд т) запасов перспективных нетрадиционных петроруд, широко известных под названием «сынныриты» ( $K_2O$  18 %,  $Al_2O_3$  22,5 %,  $SiO_2$  55 %,  $Rb_2O$  0,1 %). Представление о его бесперспективности нельзя признать обоснованным и окончательно доказанным, прежде всего, из-за отсутствия данных о его глубинном строении, составе и некоторых других характеристик. Учитывая научную и практическую важность вопроса, необходимо провести сопоставление крупнейших, своего рода эталонных представителей двух петрохимических серий — натриевого Хибинского и калиевого Сыннырского щелочных плутонов и, обобщив имеющиеся и полученные новые сведения по Сынныру, высказать авторскую точку зрения о возможном нахождении в нем значительного апатитового оруденения.

Щелочные интрузии центрального типа, к которым принадлежат Хибинский и Сыннырский массивы, встречаются на континентах крайне неравномерно. Они приурочены к рифтовым зонам щитов, приподнятым участкам основания платформ, стабильным блокам складчатых областей и связаны с процессами активизации особого типа зон сквозных глубинных разломов. Многие континентальные рифтовые пояса, содержащие щелочные комплексы различного возраста, развивались на протяжении нескольких геологических эпох. Впервые они появились в раннем протерозое, вслед за возникновением регионов с гранито-гнейсовым слоем. Зарождение докембрийских рифтовых систем и переход их в протогеосинклинали сопровождались обширным основным и ультраосновным магматизмом. При этом зоны глубинных разломов закладывались на обрамлении жестких стабильных глыб архейского основания [5]. На Балтийском щите для Имандра-Варзугской геосинклинально-складчатой зоны, к северной оконечности которой приурочены Хибинны, роль такой глыбы, очевидно, играл Мурманский блок, а в Байкальской области — Баргузинский. Вдоль северной границы последнего была заложена Байкало-Витимская раннепротерозойская геосинклинальная систе-

ма, в центральной бортовой части которой расположен Сынныр.

Имандра-Варзугская зона представлена эффузивно-осадочными породами, метаморфизованными в амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фациях, и массивами метадиабазов и ультрамафитов. По геофизическим данным один ее борт пологий, а другой крутой. В гравитационном поле она выделяется значительным максимумом. Магнитное поле неоднородно — слабомагнитное на севере и переменное на юге.

Байкало-Витимская зона представлена также нижнепротерозойскими вулканогенно-осадочными образованиями, метаморфизованными преимущественно в амфиболитовой фации, с многочисленными телами габброидов, плагиогранитов и перидотитов. Зона приурочена к краевой части регионального гравитационного минимума и характеризуется спокойным отрицательным магнитным полем с мелкими положительными аномалиями небольшой интенсивности.

На сейсмических разрезах этих зон поверхность Мохоровичича в обоих случаях прослеживается на глубине 36—40 км. Предполагается, что системы были заложены на переработанной коре с расчетной плотностью 2,9—3 г/см<sup>3</sup>. В них фиксируются уровни разуплотненных пород, тяготеющие к подошвам геосинклинальных структур. Эффузивно-осадочный комплекс, выходящий на поверхность, обладает более высокой плотностью в Имандра-Варзугской зоне (2,8—2,95 г/см<sup>3</sup>), чем в Байкало-Витимской системе (2,7—2,85 г/см<sup>3</sup>), за счет присутствия высокоплотностных диабазов и отсутствия гранитоидного магматизма (Н. Н. Пузырев и др., 1975; И. В. Литвиненко, 1968).

Рассматриваемые структуры характеризуются длительностью формирования на протяжении всего протерозоя. Имандра-Варзугская зона включает две синклинальные структуры: Южно-Варзугскую, сложенную метаморфитами тундровой серии нижнего протерозоя, и Имандра-Варзугскую — отложениями верхнего протерозоя. В Байкало-Витимской области в районе развития глубокометаморфизованной муйской серии нижнего протерозоя в рифейское время образовался Олоkitский синклиний с отложениями эвгеосинклинального профиля. В палео-



зое эта область испытала общую инверсию с формированием глыбовых поднятий и узких межгорных впадин, заполненных мощными толщами кембрийских осадков, а в дальнейшем здесь развились обширные поля гранитоидов. И только в раннем карбоне в активизационную стадию произошло внедрение щелочных массивов сыннырского комплекса и более молодых трещинных интрузий гранитоидов повышенной щелочности. На Балтийском щите после длительной кембрийско-силурийской «тектонической паузы» имела место девонская активизация складчатых сооружений археид и протерозойд, что привело к появлению многочисленных щелочных интрузий, в т. ч. и Хибинского плутона.

Здесь обнаруживаются как определенное сходство в общей схеме геологического развития районов локализации плутонов, так и заметное различие в интенсивности эндогенных процессов, в частности, в проявлении гранитообразования. Массивы тяготеют к краевым частям протогеосинклинальных систем и вполне определенно приурочены к пересечению разломов, выделяющихся по геологическим критериям, гравитационному и магнитному полям. Особенность рассматриваемых позднепалеозойских палеорифтовых зон состоит в том, что в их пределах отсутствуют типоморфные вулканические и другие формации. Это объясняется ограниченным развитием вулканизма и глубокой эрозией длительно и устойчиво воздымающихся областей в постактивизационный период. Однако сам факт проявления высокощелочного интрузивного магматизма свидетельствует о реальности существования рифтогенного режима в девонское время на Балтийском щите и в раннем карбоне в Олонецкой зоне Байкало-Витимской геосинклинальной системы.

Сыннырский и Хибинский щелочные плутоны имеют округлое очертание, и в их строении отчетливо различаются ядро и многослойная оболочка, состоящая из пород различного состава (рис. 1, 2). Они оба характеризуются кольцевой положительной магнитной аномалией с повышением интенсивности поля над центральной частью массивов. Согласно интерпретации в Хибинском массиве магнитоактивный объект располагается на глубине 2—6 км, в Сыннырском он представлен

обнаженными на поверхности пуласкитами ядра. В гравитационном поле первый из них характеризуется локальным изометричным минимумом, а второй в нем не проявляется (см. разрезы на рис. 1, 2).

В Сыннырском плутоне по локализации и петрографо-петрофизическим характеристикам выделяются три группы пород. Первую составляют нефелиновые, псевдолейцитовые сиеситы, сынныриты плотностью  $2,54—2,57 \text{ г/см}^3$  и с магнитной восприимчивостью  $300—800 \cdot 10^{-5} \text{ СИ}$ , слагающие вокруг ядра пуласкитов внутреннюю и внешнюю зоны. Во вторую группу входят мезо-, меланократовые щелочные породы типа шонкинитов, фенитов и щелочных пироксенитов, сосредоточенные главным образом во внутренней зоне. Они залегают в виде согласных с общим кольцевым строением даек, жил и разнообразных по форме обособлений и пластовых тел мощностью до нескольких десятков метров. Типичные породы этого состава имеют достаточно устойчивую плотность, но контрастную магнитную восприимчивость (табл. 1).

Наличие морфологических и петрофизических разновидностей меланократовых пород указывает на присутствие в массиве отличных по условиям и, возможно, времени формирования щелочных мафитов и ультрамафитов. Третья группа представлена пуласкитами, обладающими устойчивой средней плотностью  $2,67 \text{ г/см}^3$  и магнитной восприимчивостью  $2000 \cdot 10^{-5} \text{ СИ}$ .

Хибинский массив является многостадийным и четко расслоенным. Внешнее его кольцо представлено хибинитами, характеризующимися устойчивой плотностью  $2,66—2,7 \text{ г/см}^3$  и магнитной восприимчивостью, не превышающей  $300 \cdot 10^{-5} \text{ СИ}$ . Внутренняя рудоносная оболочка включает разнообразные по составу породы, среди которых рихторриты и лявочорриты имеют те же петрофизические особенности, что и хибиниты. Широко распространенные ургиты, ийолиты и отчасти мельтейгиты обладают близкой плотностью  $2,86 \text{ г/см}^3$ , хотя по магнитности они подразделяются на две группы: немагнитную (дорудную), порядка  $100 \cdot 10^{-5} \text{ СИ}$ , и магнитную (пострудную), около  $1500 \cdot 10^{-5} \text{ СИ}$  [9]. Ядро массива сложено фойяитами, имеющими наименьшую плотность и низкую магнитную восприимчивость.

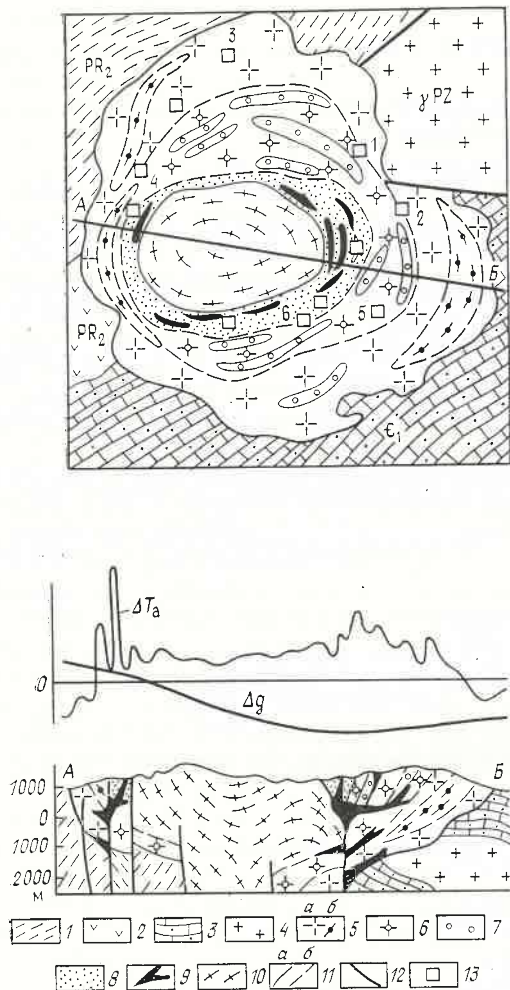


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Сыньырского плутона и модель его глубинного строения по разрезу А—Б (составлена по геолого-геофизическим и петрофизическим данным):

комплексе вмещающих пород: 1 — осадочные и вулканогенные образования, 2 — метавулканиды, 3 — терригенные и карбонатные породы, 4 — гранитоиды; комплекс щелочных пород массива — внешняя зона: 5 — нефелиновые сyenиты (а — массивные, б — трахитоидные типа фойяитов); внутренняя зона: 6 — пойкилитовые нефелиновые сyenиты, 7 — псевдолейцитовые сyenиты, 8 — нефелиновые, кальсилитовые сyenиты, сыньыриты и светлослюдисто-кальцилатовые породы, область их развития — наиболее перспективная на апатитовое оруденение, 9 — шонкинитоиды, фениты и апатитовые породы (показаны вне масштаба); ядро: 10 — щелочные и нефелинсодержащие трахитоидные сyenиты, пуласкиты; 11 — геолого-петрографические границы: а — установленные, б — предполагаемые; 12 — разломы и тектонические контакты; 13 — участки находок рудопроявлений апатита: 1 — Высотный, 2 — Подледный, 3 — гора Столовая, 4 — Нижний Семнер, 5 — Таборный, 6 — Ушмун

Сопоставление петрофизических характеристик Сыньырского и Хибинского плутонов обнаруживает сходную картину в характере изменения плотности и магнитной восприимчивости от периферии к центру массивов. Различие состоит в абсолютных значениях:

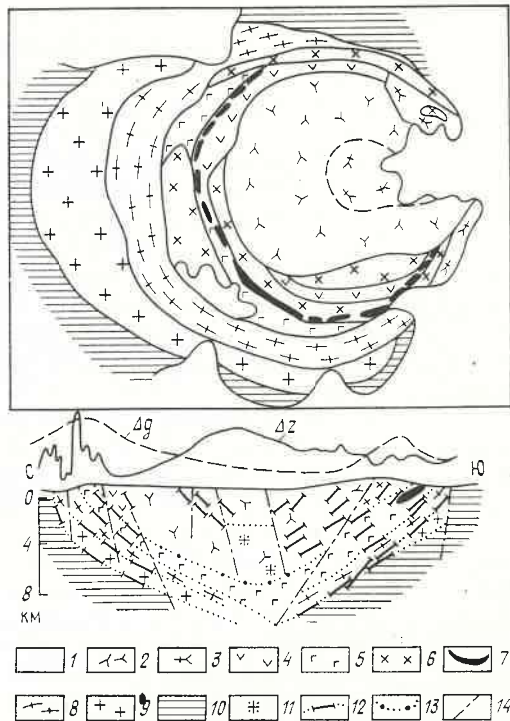


Рис. 2. Схематическая геологическая карта Хибинского плутона и его глубинное строение по сейсмогеологическому разрезу север—юг [3, 4]:

1 — четвертичные отложения; 2 — эгирин-роговообманковые фойяиты; 3 — эгириновые фойяиты; 4 — эгириновые нефелиновые сyenиты, лавочориты; 5 — уртиты, ийолиты, мельтегиты, малинниты, ювиты; 6 — рихсчориты; 7 — апатито-нефелиновые залежи (показаны вне масштаба); 8 — хибиниты трахитоидные; 9 — хибиниты массивные; 10 — вмещающие породы; 11 — нефелиновые породы магнитоактивные в зоне подводящего канала; 12 — отражающие площадки по данным МОВ; 13 — границы, выделяемые с учетом подбора плотностных разрезов; 14 — разломы

щелочные породы Хибин в целом более плотные и менее магнитные. При этом наиболее плотные и магнитные породы обоих массивов располагаются во внутренней зоне, вблизи границы с пуласкитовым (Сыньыр) и фойяитовым (Хибин) ядрами. В Хибинском плутоне это ийолит-уртиты, с которыми связаны залежи апатито-нефелиновых руд, а в Сыньырском плутоне в подобной структурно-геологической позиции находятся шонкинитоиды и фениты с разнообразными морфоструктурными проявлениями апатита.

Геологические модели формирования массивов, локализация в них апатитового оруденения и его связь с породными ассоциациями различны для исследуемых плутонов (табл. 2). Хибинам свойственна многоэтапность развития с поступлением отдельных порций щелочной магмы, образующих кольцевые интрузии. Высокая степень

# 1. Петрофизическая характеристика щелочных пород и апатитовых руд

| Породы                                                                                       | Число проб | $\sigma_{\text{ср.}}$ | $\sigma_{\text{мин.}} - \sigma_{\text{макс.}}$ | $\chi_{\text{ср.}}$ | $\chi_{\text{мин.}} - \chi_{\text{макс.}}$ |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------------|------------------------------------------------|---------------------|--------------------------------------------|
| <i>Сынныр</i>                                                                                |            |                       |                                                |                     |                                            |
| Нефелиновые сиениты                                                                          | 90         | 2,56                  | 2,55—2,58                                      | 400                 | 100—800                                    |
| Псевдолейцитовые сиениты                                                                     | 43         | 2,55                  | 2,50—2,58                                      | 750                 | 300—1200                                   |
| Сынныриты                                                                                    | 38         | 2,54                  | 2,50—2,58                                      | 300                 | 150—500                                    |
| Шонкиниты, фениты:                                                                           |            |                       |                                                |                     |                                            |
| парамагнитные                                                                                | 15         | 2,90                  | 2,77—3,05                                      | 130                 | 100—300                                    |
| ферромагнитные                                                                               | 5          | 2,95                  | 2,77—3,05                                      | 3000                | 1000—3000                                  |
| Пуласкиты                                                                                    | 50         | 2,57                  | 2,60—2,74                                      | 2000                | 1000—4500                                  |
| Апатитоносные породы и руды переменного состава:                                             |            |                       |                                                |                     |                                            |
| гнездово-вкрапленно-прожилковый тип                                                          | 22         | 3,06                  | 2,83—3,21                                      | 50                  | 10—70                                      |
| шпировый без магнетита                                                                       | 10         | 2,70                  | —                                              | 250                 | —                                          |
| с магнетитом                                                                                 | 6          | 2,87                  | —                                              | 1000                | —                                          |
| жильный с 70—95 % апатита, 28—35 % $P_2O_5$                                                  | 3          | 3,25                  | —                                              | 3000                | —                                          |
| <i>Хибиньы</i>                                                                               |            |                       |                                                |                     |                                            |
| Хибиниты                                                                                     | 345        | 2,67                  | 2,64—2,69                                      | 300                 | 2—500                                      |
| Ййолиты, уртиты, мельтейгиты:                                                                |            |                       |                                                |                     |                                            |
| парамагнитные                                                                                | 50         | 2,86                  | 2,78—2,99                                      | 100                 | 0—130                                      |
| ферромагнитные                                                                               | 65         | 2,88                  | 2,78—2,99                                      | 1500                | 600—6000                                   |
| Рисчорриты                                                                                   | 250, 465   | 2,68                  | 2,52—2,81                                      | 30                  | 4—76                                       |
| Лявочорриты                                                                                  | 42         | 2,70                  | 2,65—2,75                                      | 30                  | 14—50                                      |
| Фойяиты                                                                                      | 153        | 2,65                  | 2,62—2,73                                      | 100                 | 25—250                                     |
| Апатито-нефелиновые руды, парамагнитные и ферромагнитные с 30—90 % апатита, 13—34 % $P_2O_5$ | —          | 3,06                  | —                                              | —                   | 120—9700                                   |

**Примечание**  $\sigma$  — плотность, г/см<sup>3</sup>,  $\chi$  — магнитная восприимчивость, 10<sup>-5</sup> СИ; петрофизическая характеристика пород и руд Хибин дается по [3, 9, 10 и др.].

расслоения насыщенного фосфором и фтором алюмосиликатного расплава, происшедшего в глубинном магматическом очаге, привела к обособлению и внедрению самостоятельной фазы апатито-нефелиновых руд. Конформные с общей структурой рудные залежи приурочены к внутренней зоне массива и связаны парагенетически с вмещающими их высоконатриевыми мельтейгит-ййолит-уртитам, которые перекрываются высококалсисвыми рисчорритами (иногда апатитоносными) и безрудными калиево-натриевыми лявочорритами.

Для салического высококалиевого сыннырского расплава не свойственна глубокая дифференциация в очаге с поэтапным внедрением отдельных порций магмы. В составе Сыннырского плутона практически отсутствуют породы мельтейгит-уртитового состава. Петрографо-петрохимическая зональность, наблюдаемая от периферии к центру, несовершенна и выражена в скрытой фацальной и петрохимической изменчивости состава пород,

устанавливаемой с помощью петрографических и других точных методов исследований. Наряду с латеральной предполагается существование вертикальной зональности, наиболее масштабно проявленной во внутренней зоне, примыкающей к подводящему каналу (см. рис. 1, разрез А—Б). В сыннырской схеме развития в связи с «пасивной» дифференциацией расплава апатитовые руды не мобилизуются в самостоятельную фазу внедрения, а остаются в составе единого расслоенного комплекса, занимая промежуточное положение между салической и фермической частями общего разреза.

Надежной характеристикой, дающей представление об источнике и месте зарождения расплавов, является значение первичного изотопного отношения стронция. Для Сынныра оно равно в среднем 0,7070, что отвечает нижнекоровому или верхнемантийному источнику магм, при условии ее контаминации коровым материалом, содержащим радиогенный стронций. В Хибинском щелочном комплексе это зна-



## 2. Геологические особенности Сыннырского и Хибинского щелочных массивов

| Определяющие характеристики                                                                             | Сынныр                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Хибинь [3, 7]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Форма интрузии                                                                                          | В плане близкая к округлой, в разрезе грибообразная                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | В плане округлая, в разрезе коническая                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Размеры                                                                                                 | 585 км <sup>2</sup> , диаметр 22—25 км                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1327 км <sup>2</sup> , диаметр 27—28 км                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Модель плутонической постройки                                                                          | Сочетание лакколита с диапировым штоком в центре                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Совокупность разновозрастных кольцевых и дуговых конических интрузий с центральным ядром                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Радиологический возраст, млн лет                                                                        | $320 \pm 10$ — C <sub>1-2</sub>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 365 — D <sub>2-3</sub> [8]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Значение первичного отношения стронция                                                                  | 0,7062, 0,7066 по породам и 0,7077 по минералам                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 0,70387 по породе [8] и 0,7040 по апатиту из карбонатитового ядра [6]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Внутреннее строение интрузии                                                                            | Неясное кольцевое со скрытой структурно-вещественной зональностью                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Четкое зонально-кольцевое с петрографической расслоенностью                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Основные стадии развития и локализация главных породных ассоциаций                                      | 1 стадия: внешняя зона — нефелиновые сиениты, внутренняя зона — псевдолейцитовые и нефелиновые сиениты, рисчорриты, сынныриты, шонкинниты; 2 стадия: ядро — пуласкиты                                                                                                                                                                                                                       | 1 стадия: внешняя зона — хибиниты; 2 стадия: внутренняя зона — уртиты, ийолиты, рисчорриты, ювиты, лавочорриты, мельтейгиты, апатито-нефелиновые породы; 3 и 4 стадии: ядро — фойиты и карбонатиты                                                                                                                                                                                        |
| Формация                                                                                                | Кальсилит-, псевдолейцит-нефелинсиенитовая щелочносиенитовая                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Нефелинсиенитовая ийолит-уртитовая                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Специализация петросерии по щелочности                                                                  | Высококалиевая миаскитового ряда                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Калиево-натриевая и натриевая агпантового ряда                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Морфогенетические типы апатитового оруденения, их масштабы, геологическое положение и условия залегания | Непромышленные рудопроявления внутренней и внешней зон: флюидно-магматические гнездово-шпировые обособления в фельдшпатоидных сиенитах преимущественно внутренней зоны; метасоматическая рассеянно-вкрапленная минерализация в шонкиннитах; жилородные и пластовые тела богатых апатитовых руд ограниченного размера, встречающиеся в разных частях современного среза массива (кроме ядра) | Промышленные тип, связанный с неполнокольцевой интрузией внутренней зоны: первично-магматические пластово-линзовые залежи одно- и многорудного строения нефелиновых руд среди ийолитов и уртитов; позднематические брекчиевые сплошные и вкрапленные руды; метасоматически преобразованные сфен-apatитовые руды всякого бока первичных залежей; гидротермальные апатито-натролитовые руды |

чение намного ниже (0,70387) и соответствует магмам мантийного генезиса.

Заметные различия массивов выявляются и по геохимико-петрохимической специализации. Наиболее ярко это выражено на примере породообразующих щелочей и рубидия. При одинаковом среднем содержании суммы щелочей в массивах (в Сынныре — 15,7 %, в Хибинах — 15,3 %) в первом в два раза больше оксида калия (12,5 % против 6 %) и почти в три ра-

за меньше оксида натрия (3,2 против 9,3 %), а также в два раза больше оксида рубидия (500—600 против 250—300 г/т).

На основании концепции рудогенеза апатита [12] можно заключить, что общегеологическая обстановка района Сынныра в отличие от Хибин характеризуется повышенной мобильностью и проницаемостью коры, весьма активным гранитообразованием, близким по времени с щелочным магматизмом, и отличительными условиями миграции

и концентрирования насыщенных фосфором флюидных растворов в магматическом очаге.

Таким образом, по ряду приведенных нами (табл. 2) и другим позициям между сравниваемыми массивами существуют принципиальные различия. Сынный, как и Хибин, несомненно индивидуален, и его следует рассматривать как своего рода «сибирские калиевые Хибин», которому свойственны специфические особенности строения, вещественного состава, минерального и свои потенциальные ресурсы апатитового оруденения «сынного типа».

Геологическая съемка Сынного плутона с полутными поисками апатитового оруденения проведена в 1962—1965 гг. Северо-Байкальской ГРЭ Бурятского геологического управления (А. С. Пак, В. Г. Филатов и др.). На площади массива обнаружено около 100 точек проявления апатитовой минерализации главным образом в пределах распространения фельдшпатоидных сиенитов, и лишь единичные находки сделаны среди пуласкитов ядра. Из шести наиболее крупных участков апатитового оруденения, находящихся как во внешней, так и во внутренней зонах, по запасам ни один не отвечает месторождению.

Апатиты Сынного характеризуются большим разнообразием форм выделения, включающих гнездовые, шпиро-подобные бескорневые обособления, вкрапленно-прожилковые выделения и, наконец, анхимономинеральные линзы и жилы. Выявлена устойчивая парагенетическая связь апатита с меланократовыми разностями пород — шонкинитами, фенитами и другими, имеющими ограниченное распространение на современном уровне эрозионного среза интрузии. По петрофизическим особенностям они разделяются на парамагнитные и ферромагнитные. Апатитсодержащие породы чаще парамагнитные. Они имеют изменчивый облик и переменный минеральный состав — биотит, клинопироксен, ортоклаз и примесные минералы (apatит, сфен, магнетит и др.). Вскрытые горными выработками рудные тела протяженностью до 300 м достигают 5 м мощности. Апатит в них распределен неравномерно, наибольшая его концентрация отмечается в местах скопления пироксена и заметно разубоживается

при интенсивной калишпатизации. Содержание апатита в калишпат-биотит-пироксеновых породах на многих изученных участках 8—25 %.

Генезис мезо-, меланократовых щелочных пород и сопутствующего оруденения трактуется с различных позиций: магматического расслоения щелочной магмы с заключительным метасоматозом и реакционного магматического замещения и гибридизма с последующим высоко- и низкотемпературным метасоматозом.

Модель первично-магматического расслоения выдвигалась на основании изучения в восточном секторе внешнего кольца Сынного неоднородной пачки щелочных пород, обладающей петрографической зональностью со слабонаклонным залеганием трахитоидных образований к центру массива. Увеличение содержания фосфора от верхнего псевдолейцит-сиенитового слоя (0,08 %  $P_2O_5$ ) к нижнему фойайтовому (0,34 %  $P_2O_5$ ) и выход на поверхность пластообразных апатитсодержащих шонкинитов явились основанием для прогноза богатого рудного горизонта в подошве разреза, но проверка бурением на одном из перспективных участков (см. рис. 1, участок 2) не подтвердила сделанные прогнозы. Согласно С. И. Заку и А. С. Паку (1969), состав сынного апатита и его парагенезис с биотитом и калишпатом близки к таковым апатита пегматитов и гидротермальных жил Хибин. Кроме того, акцессорный апатит неизменных пород и в зонах оруденения имеет родственный химизм. Отсюда был сделан вывод о том, что разнообразные по форме рудопроявления сынного апатита возникли под воздействием кислотного растворения акцессорного апатита при последующем переотложении его в ослабленные зоны, и поэтому массив малоперспективен на промышленное оруденение.

Постмагматический генезис сынных апатитов, источник и механизм мобилизации фосфора рассматривался большинством исследователей (Г. В. Андреев, 1965 и др.). В наиболее полном виде метасоматическая схема представлена в [11]. По мнению этих авторов, только лейкократовые нефелиновые сиениты являются типичными магматическими образованиями чистой линии, кристаллизовавшимися из расплава. Мезо-, меланократовые нефели-

новые сиениты и фойяиты внешней зоны и даже пуласкиты ядра образовались при взаимодействии щелочной магмы с вмещающими породами. Основная часть шонкинитов отнесена к фенитам, сформировавшимся в магматическую стадию замещения, а присутствующий в них апатит связан с мобилизацией фосфора из фенитизированных ксенолитов разного состава.

Дальнейшее концентрирование фосфора в фенитах происходило на стадии высокотемпературного метасоматоза, поэтому богатые скопления апатита приурочены главным образом к меланократовым фациям. По метасоматической модели промышленные концентрации апатита могли возникнуть только в местах широкого развития зон меланократовых пород типа шонкинитов-фенитов и преимущественно в эндоконтакте массива при условии интенсивной послемагматической фенитизации.

В современном срезе интрузии фенитизированные ксенолиты в большинстве случаев представляют собой небольшие разрозненные останцы, частично подвергнутые переработке. Отсюда следует заключение: «... условия для промышленной концентрации фосфора в пределах Сыннырского массива неблагоприятны и месторождения здесь образоваться не могли» [11, с. 170]. Правда, авторы допускали, что «... значительные концентрации фосфора в виде мономинеральных руд на глубине возможны лишь при условии совмещения широкого развития фенитового ореола и наложенных послемагматических процессов. Реальность такой возможности невелика» [1, с. 154].

По данным вещественного состава и внутреннего строения Сынныра пока нет оснований прогнозировать обнаружение крупного апатитового оруденения на поверхности. Но несомненно и то, что далеко не все рудопроявления, приуроченные к элювиальным и коллювиальным отложениям, получили объективную оценку, а вопрос изменения апатитоносности с глубиной практически не освещен вообще. К тому же за последнее десятилетие получены новые данные, корректирующие наши представления о составе и внутреннем строении массива. В частности, в процессе оценки сынныритоносности вну-

тренней зоны была выделена своеобразная кольцевая структура, опоясывающая ядро пуласкитов, протяженностью до 40 км и мощностью 0,5—3 км, состоящая преимущественно из лейкократовых нефелин-кальсилитовых сиенитов и светлослюдисто-калишпатовых апофельдшпатоидных пород. В ее пределах к известным уже точкам найдок богатых апатитовых руд добавился ряд других с содержанием в штуфах 28—32 %  $P_2O_5$ . Выявлены также одиночные и групповые субпараллельные жилородоподобные тела минерализованных мезо- и меланократовых пород. Судя по расположению создается впечатление многоярусного строения с различными углами наклона от центра к периферии. Щелочные мафиты и ультрамафиты интенсивно биотитизированы, содержание в них пентоксида фосфора достигает 10—15 %.

Анализ карт аномального магнитного поля и данные петрофизических свойств пород показали, что, несмотря на минимальную намагниченность сапалических пород, над сынныритоносной структурой фиксируется непрерывная цепочка магнитных аномалий, вызываемых локально распространенными шонкинитами и редко встречающимися обломками ферромагнитных апатитовых руд, содержащих также незначительное количество биотита, пироксена и нефелина. Кольцевая магнитная аномалия над полем развития преимущественно немагнитных пород может быть объяснена присутствием перекрытых элювием и коллювием и залегающих на некоторой глубине ферромагнитных пород типа апатитоносных шонкинитов, фенитов и, вероятно, апатитовых руд. По предварительным расчетам допускается, что в пределах оконтуренной кольцевой зоны под сапалическим слоем на глубине до 800 м могут находиться значительные залежи и блоки ферромагнитных пород, в т. ч. и апатитовых руд. Это согласуется с генетической моделью развития массива, небольшой глубиной его эрозионного среза и наблюдаемой тенденцией увеличения роли фосфатоносных образований на более низких гипсометрических отметках. Уместно отметить, что в однотипном в формационном отношении Маломурунском высококалевом массиве при заверке бурением магнитной аномалии под пачкой фергуситов и сынныритов были вскрыты



апатитоносные щелочные мафиты и слюдиты.

При изучении апатитоносности Сынныра в будущем необходимо обратить должное внимание на часто встречающиеся по всему массиву «мантийные» жильные калиевые лампрофиры мезозойского возраста ( $220 \pm 10$  млн лет) камптонит-мончикитового ряда с целью проверки на присутствие среди них представителей лампроитового типа. Имеются находки щелочных основных лампрофиров с вкрапленниками псевдолейцита, оливина, пироксена, титанистого амфибола, флогопита и других минералов и с включениями обломков оплавленных ксеногенных пород. До сих пор дайковый комплекс не являлся объектом пристального внимания исследователей и изучен недостаточно полно. Заметим, что в том же Маломурунском массиве лишь совсем недавно найдены лампроиты [2].

Главный вывод, к которому приходят авторы, состоит в необходимости комплексного геолого-геофизического доизучения Сыннырского массива в целях обоснованного заключения о его апатитоносности на различных уровнях. Следует также изучить природу кольцевой магнитной аномалии, выявить строение и мощность сынныритового слоя, переходящего с глубиной в прогнозируемые нами апатитоносные ферромагнитные щелочномафитовые породы и, возможно, богатые апатитовые руды.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Апатиты/Под ред. В. П. Петрова и др.— М.: Наука, 1968.

2. Владыкин Н. В. Первая находка лампроитов в СССР//Докл. АН СССР. 1985. Т. 280. № 3. С. 718—722.
3. Галахов А. В. Петрология Хибинского щелочного массива.— Л.: Наука, 1975.
4. Геолого-геофизические методы поисков аггруд/Под ред. П. В. Вишневого и др.— М.: Недра, 1986.
5. Глуховский М. З. Кольцевые структуры фундамента и их роль в размещении некоторых рудных комплексов плитной части Сибирской платформы//Геология и перспективы рудоносности фундамента древних платформ. М., 1987. С. 280—289.
6. Изотопный состав стронция и свинца в карбонатитовом комплексе Хибин/М. П. Кравченко, Э. В. Кравченко, Дудкин О. Б. и др.//Тез. докл. 9 Всесоюз. симпозиума по стабильным изотопам в геохимии. М., 1982. Т. 1. С. 86—88.
7. Каменев Е. А., Файзуллин Р. М. Геологическая модель месторождений апатито-нефелинового типа//Сов. геология. 1985. № 6. С. 34—38.
8. Козарко Л. Н., Крам У., Грауэрт Б. Новые данные о возрасте и генезисе щелочных пород Ловозерского массива (изотопия рубидия и стронция)//Докл. АН СССР. 1983. Т. 268. № 4. С. 970—972.
9. Кротова Г. И. Некоторые закономерности изменения физических свойств Хибинского массива//Рудные геофизические исследования на Кольском п-ве АН СССР. Апатиты, 1986. С. 28—31.
10. Магид М. Ш., Зотова И. Ф., Заблочкий Е. М. Глубинные петрофизические разрезы земной коры Байкало-Амурского региона//Тихоокеанская геология. 1987. № 6. С. 96—106.
11. Тихоненкова Р. П., Нечаева И. А., Осокин Е. Д. Петрология калиевых щелочных пород.— М.: Наука, 1971.
12. Файзуллин Р. М. Теоретические аспекты рудогенеза апатита.— М.: ВИЭМС, 1988. Вып. 1.

Принята редколлегией 26 февраля 1990 г.

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ТЕКТНИКА

УДК 551.71/72(470.1/22)

© И. В. Запорожцева, А. М. Пыстин, 1991

### Слоисто-блоковая модель дофанерозойской литосферы европейского Севера СССР

И. В. ЗАПОРОЖЦЕВА, А. М. ПЫСТИН  
(Институт геологии Коми НЦ УрО АН СССР)

Территория, выделяемая как европейский Север СССР, включает север докембрийской Восточно-Европейской платформы с прилегающей акваторией Баренцева моря, а также обрамляющие платформу с северо-востока гор-

но-складчатые сооружения Пай-Хоя и Урала [1—8]. В пределах площади кристаллическое основание платформы выходит на земную поверхность только на нескольких ограниченных участках: на Кольском п-ове, на По-

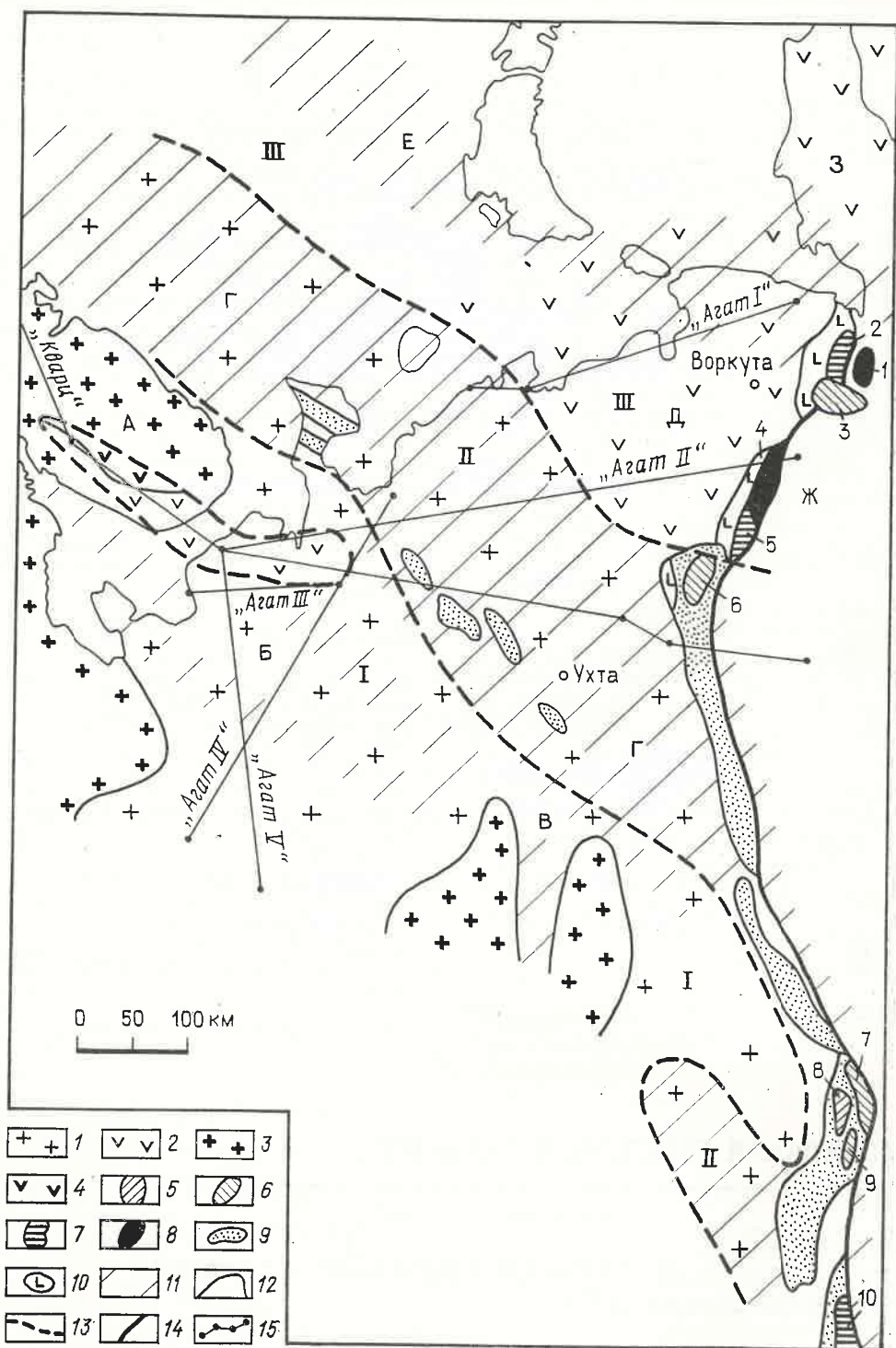


Рис. 1. Слоисто-блоковая модель дофанерозойской литосферы европейского Севера СССР:

области распространения дорифейского кристаллического основания: 1 — сиалического профиля, 2 — фемического профиля (сокращенная мощность или отсутствие гранито-гнейсового подкомплекса); ядра и выступы архейско-нижнепротерозойского фундамента: 3 — гранито-гнейсовые, 4 — существенно метабазитовые; дорифейские полиметаллические комплексы западного склона Урала: 5 — гранулитовые, 6 — гранито-гнейсовые и гнейсо-амфиболитовые, 7 — эколгит-амфиболит-гнейсовые, 8 — гранулит-мстабазитовые, рифейские комплексы Тимана и западного склона

Урала: 9 — существенно терригенные, 10 — вулканогенно-осадочные; 11 — участки с повышенной мощностью рифейских отложений; границы: 12 — блоков фундамента, выступающих на земную поверхность или залегающих вблизи от нее, 13 — блоков фундамента, различающихся по мощности или составу дофанерозойских образований, 14 — западная граница Восточно-Уральского геоблока — Главной уральской надвиж (ГУН); 15 — линии профилей ГСЗ-МОВЗ; геоблоки: А — Кольский, Б — Мезенский, В — Волго-Уральский, Г — Нжма-Баренцевский, Д — Печорский, Е — Северо-Баренцевский, Ж — Восточно-Уральский, З — Западно-Сибирский; энсиалическая область, континентальный тип земной коры: I — плитный подтип

лярном и Приполярном Урале. Дислоцированные и метаморфизованные рифейские толщи обнажаются на севере Урала, Пай-Хое и Тимане преимущественно в условиях фации зеленых сланцев. Остальная территория европейского Севера СССР перекрыта платформенным осадочным чехлом. Выводы о глубинном строении региона и смежных с ним районов, базирующиеся в основном на геофизических данных, остаются противоречивыми. Наибольшие разногласия возникают при интерпретации состава и возраста фундамента северо-восточной части территории, известной под названием «Печорская плита».

Результаты комплексных геолого-геофизических исследований, наряду с новыми материалами по строению докембрийских толщ Балтийского щита и Урала [1, 2, 3, 7], подтверждают наличие архейско-нижнепротерозойского фундамента под складчатым рифейским комплексом Печорской плиты и дают основание для детализации и усовершенствования ранее разработанной слоисто-блоковой модели земной коры [4—6] в части, относящейся к дофанерозойской литосфере (рис. 1).

В консолидированной земной коре европейского Севера СССР по геологическим данным выделяются три структурно-вещественных комплекса. Верхний, зеленосланцевый сложен в основном дислоцированными верхнепротерозойскими отложениями, метаморфизованными в условиях фаций зеленых сланцев и реже эпидот-амфиболитовой.

Гнейсо-гранулитовый (верхняя кора) отождествляется с так называемым гранитным слоем. Он представлен глубокометаморфизованными архейско-нижнепротерозойскими образованиями сиалического типа. Подразделяется на верхний гранито-гнейсовый и нижний диорито-гнейсовый подкомплексы.

Нижний, гранулит-метабазитовый (нижняя кора) приравнивается к базальтовому слою. Комплекс сложен главным образом высокотемпературными метабазитами, слагающими в пределах Балтийского щита и Русской

плиты меланократовое основание архейско-нижнепротерозойского разреза. Возраст аналогичных пород Печорской плиты проблематичен, но, по-видимому, они также относятся к раннедокембрийским образованиям. Гранулит-метабазитовый комплекс подразделяется на два подкомплекса: верхний — диорит-метабазитовый и нижний — метабазитовый.

Все перечисленные комплексы отличаются друг от друга по физическим характеристикам. Поверхности комплексов служат отражающими и преломляющими границами, четко выделенными по кинематическим и динамическим признакам в волновой картине региона (рис. 2). Таким образом, вполне возможно установить границы распространения структурно-вещественных комплексов. Однако отсутствие на большей части территории прямых геологических данных о глубинном строении земной коры позволяет рассматривать предложенную слоистую модель дофанерозойской литосферы как один из возможных вариантов интерпретации имеющегося геолого-геофизического материала.

В северо-восточной части рассматриваемой площади поверхность зеленосланцевого комплекса связывается с отражающей и преломляющей границей  $\Phi_0$  с  $v_n$  6,2—6,5 км/с,  $v_r$  5,8—6,5 км/с (см. рис. 2). Ниже  $\Phi_0$  прослеживается преломляющая граница  $\Phi'_0$  с  $v_r$  6,7—6,8 км/с. Породы, имеющие такие граничные скорости, по-видимому, представлены образованиями эпидот-амфиболитовой фации и, судя по уральским материалам, могут быть отнесены к нижне-среднерифейскому возрастному уровню. Отражающая и преломляющая граница  $\Phi$  с  $v_n$  6,2 км/с,  $v_r$  5,8—6,4 км/с в юго-западной части территории (Мезенский геоблок) четко привязана к размытой поверхности гнейсо-гранулитового комплекса. В Кольском геоблоке эта граница, как правило, совпадает с дневной поверхностью, погружаясь в узких линейных структурах типа авлакогенов, заполненных осадочно-вулканогенными толщами мощностью до 5—7 км [6]. В

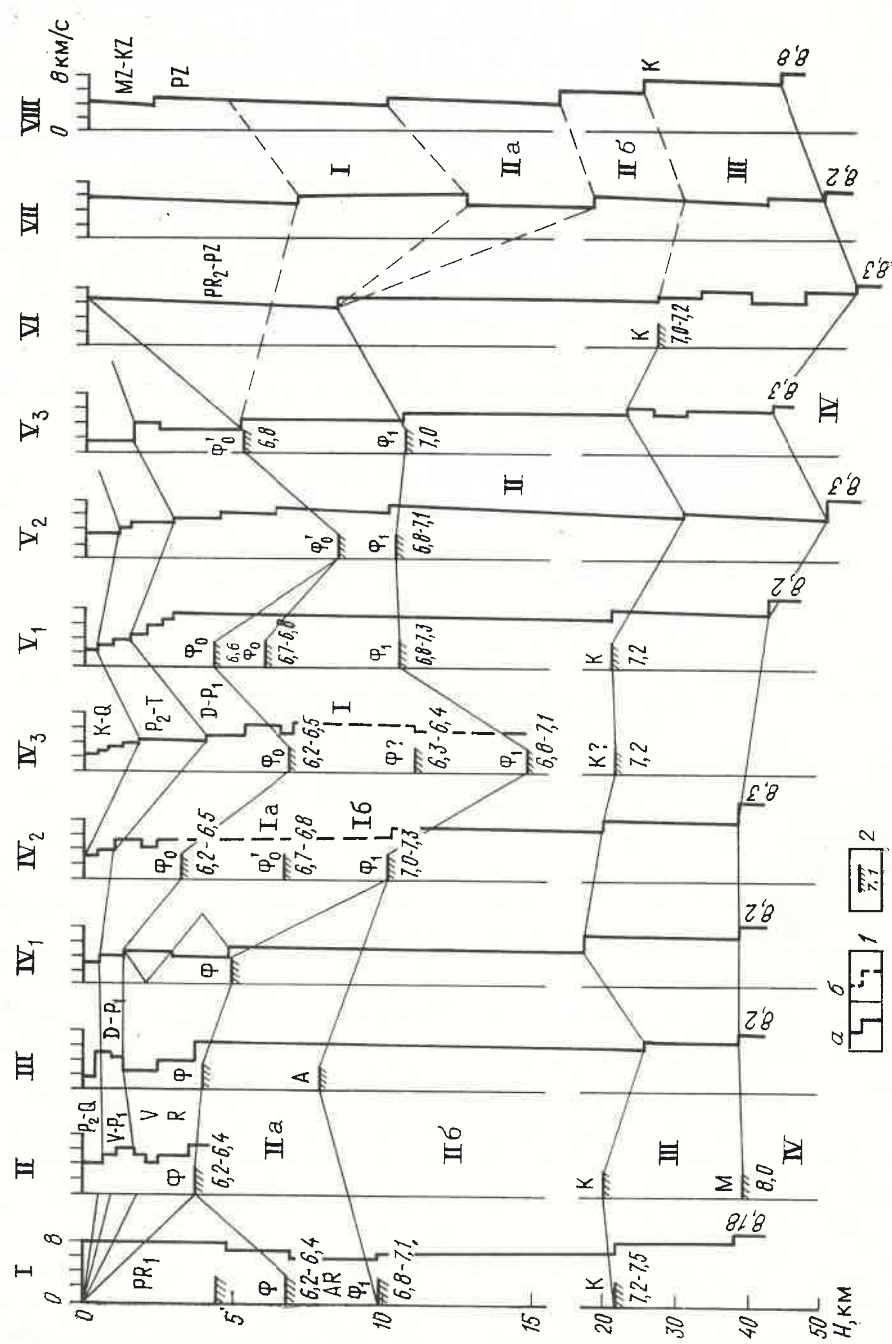
(включает геоблоки Кольский, Мезенский, Волго-Уральский (за исключением Верхнекамского блока), II — авлакогенный подтип (включает Ижма-Баренцевский геоблок, Верхнекамский блок); III — энсиматическая область, переходный тип земной коры (включает Печорский, Северо-Баренцевский, Восточно-

Уральский геоблоки, северную часть Западно-Сибирского геоблока); раннедокембрийские метаморфические комплексы: 1 — марункеуский, 2 — харьбейский, 3 — хордьюский, 5 — няртинский, 6 — уфалейский, 7 — уфалейский высокобарический, 8 — александровский, 9 — тараташский, 10 — максютковский



Рис. 2. Геосейсмическая модель литосферы европейского Севера СССР:

1 — графика пластовых скоростей, км/с ( $\alpha$  — умеренные,  $\beta$  — предполосные); 2 — сейсмические границы и границы скорости на них, км/с; структурно-вещные комплексы и подкомплексы: I — рифейский зеленосланцевый; Ia — зеленосланцевый; Ib — зеленосланцево-эпидиотитовый; II — нефсо-гранулитовый; IIa — гранито-гнейсовый; IIb — диорито-гнейсовый; III — гранито-метабазитовый; IV — верхняя мантия; I — Кольский геоблок; II — Волго-Уральский геоблок; III — Мезенский геоблок; IV — Тиманский геоблок; V — Нижнекамский геоблок; IV<sub>2</sub> — Южно-Баренцевский геоблок; V<sub>2</sub> — Хорейверский геоблок; V<sub>1</sub> — Колвинский геоблок; V<sub>3</sub> — Хорейверский геоблок; VI — Восточно-Уральский геоблок; VII — Пай-Хойский геоблок; VIII — Западно-Сибирский геоблок



Волго-Уральском геоблоке граница прослеживается под осадочным чехлом мощностью 2—7 км, а в Ижма-Баренцевском она погружена на глубину более 10 км, в Печорском геоблоке — фрагментарно выделяется только в его южной части.

Граница  $\Phi_1$  с  $v_n$  6,4—6,6 км/с,  $v_r$  6,8—7,3 км/с расчленяет гнейсо-гранулитовый комплекс на два подкомплекса. Мощность верхнего гранито-гнейсового подкомплекса изменяется от 12—16 км в Мезенском и Волго-Уральском геоблоках до 6—8 км в Ижма-Баренцевском. В Печорском геоблоке гранито-гнейсовый подкомплекс практически выклинивается и  $\Phi_1$  совпадает с поверхностью кристаллического фундамента. Весьма вероятно, что  $\Phi_1$ , погружаясь на глубины 7—12 км, прослеживается также и под Уралом. Отражающая и преломляющая граница с  $v_n$  6,7—7,2 км/с,  $v_r$  7,2—7,5 км/с отождествляется с поверхностью гранулитометабазитового комплекса, залегающей на глубинах 15—28 км. В пределах Кольского геоблока по сейсмическим данным [2] гранулитометабазитовый комплекс удается расчленить на два подкомплекса, в других районах такое деление проведено с известной долей условности (см. рис. 2). Переход от коры к верхней мантии недостаточно четкий и в сложнопостроенных районах характеризуется некоторой коромантийной смесью (переходным слоем) мощностью от 3 до 12 км. Граничная скорость в пределах переходного слоя резко меняется (7,9 км/с на его кровле до 8,4 км/с на его подошве).

Прослеживание и отождествление сейсмических границ на территории европейского Севера СССР по кинематическим и динамическим признакам позволяет выделить в раннедокембрийском кристаллическом фундаменте две области (см. рис. 1): энсиалическую, присущую древнейшим платформам (Кольский, Мезенский, Волго-Уральский и Ижма-Баренцевский геоблоки), и энсиматическую (Печорский геоблок).

Отличительной особенностью энсиалической области является повышенная мощность гнейсо-гранулитового комплекса (22—24 км), в составе которого доминирующая роль принадлежит верхнему гранито-гнейсовому подкомплексу (12—16 км). По периферии

энсиалической области (Ижма-Баренцевский геоблок, Верхнекамский блок Волго-Уральского геоблока) отмечается сокращение мощности гранито-гнейсового подкомплекса (до 6—8 км) и резкое возрастание мощности разреза позднедокембрийских терригенных и карбонатных отложений (до 8—10 км). По всей вероятности, в рифей-вендское время эти районы представляли собой погруженный край древнего кратона со зрелой континентальной корой, на котором сформировались структуры авлакогенного подтипа.

Энсиматическая область отличается повышенной меланократовостью гнейсо-гранулитового комплекса, в составе которого верхний гранито-гнейсовый подкомплекс либо отсутствует (центральная часть Хорейверского мегаблока), либо имеет сокращенную мощность (2—6 км). Для данной области также характерно широкое развитие вулканитов основного состава в рифейской части разреза.

Отмеченные неоднородности в глубинном строении земной коры европейского Севера СССР достаточно определенно выявляются при анализе пространственного размещения дофанерозойских формаций, известных в пределах обнаженной части территории, а также вскрытых единичными скважинами [8]. Так, на севере Уральской складчатой области в вещественном составе и структурно-метаморфических преобразованиях пород раннедокембрийских комплексов отчетливо фиксируется латеральная зональность, подчиняющаяся поперечной к Уралу поясности (см. рис. 1). В районах крупных поперечных поднятий выступают няртинский и харбейский гнейсовомигматитовые комплексы. В их составе преобладают слюдяные гнейсы, сопоставимые по особенностям химизма с песчано-глинистыми отложениями, сформировавшимися в платформенных условиях. Метаморфизм осуществлялся в режиме умеренных давлений и сопровождался явлениями массового гранитообразования. К зонам поперечных опусканий, разделяющих поперечные поднятия, приурочены неркаюский и марункеуский эклогит-амфиболит-гнейсовые и хордьюский метабазитовый комплексы с сохранившимися реликтами субширотных линейных структур. В разрезе комплексов широко представлены метабазиты (амфиболи-

ты, эклогиты, гранат-глаукофановые сланцы), которые по химическому составу близки океаническим толеитам и габброидам дунит-пироксенит-габбровой ассоциации. Породы испытали высокотемпературный метаморфизм. Гранитизация проявилась незначительно. На примере Приполярного и южной части Полярного Урала, где обнажается наиболее полный разрез раннего докембрия, видно, что роль метабазитов резко возрастает от внешней (неркаюнский комплекс) к внутренней части (хордьюнский комплекс) зоны поперечного опускания. Няртинский гнейсово-мigmatитовый комплекс входит в контуры древнейшего энциалического фундамента, а эклогит-амфиболит-гнейсовые и метабазитовые комплексы (неркаюнский, марункеуский, хордьюнский) пространственно коррелируются с «меланократовым» разрезом земной коры (см. рис. 1). Вероятно, названные комплексы являются отторженцами кристаллического фундамента и фиксируют его латеральную неоднородность. Харбейский гнейсово-мigmatитовый комплекс, расположенный в поле энциалической земной коры, по-видимому, — фрагмент области дорифейской консолидации древнего мобильного пояса.

Пространственное распределение различных по составу и структуре позднедокембрийских формаций севера Урала и Тимана также достаточно определенно коррелируется с общей схемой глубинного строения европейского Севера СССР (см. рис. 1). Выходы существенно терригенных рифейских комплексов находятся в контурах энциалической земной коры. Осадочно-вулканогенные и вулканогенные рифейские образования приурочены к энциалической области кристаллического фундамента.

«Просвечивание» раннедокембрийских структур фундамента под Уралом не противоречит представлениям об аллохтонном залегании палеозойских геосинклинальных образований. В то же время сохранение поперечной поясности в распределении дорифейских комплексов и их пространственная корреляция свидетельствует о том, что амплитуда горизонтальных перемещений палеозойских пластин с блоками докембрия не могла превышать нескольких десятков — первых сотен километров.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Баренцевская шельфовая плита*/Под ред. И. С. Грамберга.— Л.: Недра, 1988.
2. *Глубинное строение земной коры Кольского полуострова вдоль регионального профиля МОВЗ-ГСЗ* Печенга-Умбозеро-Пулонга-Ручьи/Н. Е. Галдин, А. В. Егоркин, С. К. Зюганов и др.//Геотектоника. 1988. № 4. С. 30—44.
3. *Дружинин В. С., Рыбалка В. М., Халевин Н. И.* Глубинное строение Уральского региона//Сов. геология. № 2. 1986. С. 110—117.
4. *Дедеев В. А., Запорожцева И. В.* Земная кора европейского Северо-Востока СССР.— Л.: Наука, 1985.
5. *Запорожцева И. В.* Блоковая структура земной коры как основа нефтегазогеологического районирования европейского Северо-Востока СССР//Тектоника Европейского Севера СССР. Сыктывкар, 1986. Вып. 55. С. 3—13 (Тр. ин-та геологии Коми филиала АН СССР).
6. *Запорожцева И. В.* Глубинное строение европейского Севера СССР — основа стратегии поисков полезных ископаемых//Геология и минерально-сырьевые ресурсы. Тез. Всесоюз. геол. конф. Т. I, Сыктывкар, 1988, С. 85—86.
7. *Кольская сверглубокая.* Исследование глубинного строения континентальной коры с помощью бурения Кольской сверглубокой скважины.— М.: Недра, 1984.
8. *Пыстин А. М.* Фрагменты древних парных метаморфических поясов на севере Урала//Геотектоника европейского Северо-Востока СССР. Сыктывкар, 1988. С. 29—31.

Принята редколлегией 26 февраля 1990 г.

УДК 551.243.4(574.12)

© В. И. Попков, 1991

### Складчато-надвиговые дислокации п-ова Бузачи

В. И. ПОПКОВ (КазНИПИнефть)

По данным сейсморазведки и глубокого бурения п-ова Бузачи установлено широкое развитие складчато-надвиговых дислокаций, определяющих тектонику доюрского (доплитного) осадочного комплекса и перекрывающего ме-

зозойско-кайнозойского ортоплатформенного чехла. Определен прерывисто-непрерывный характер развития структур данного типа, осуществляющийся в режиме периодически повторяющегося горизонтального сжатия. Приве-



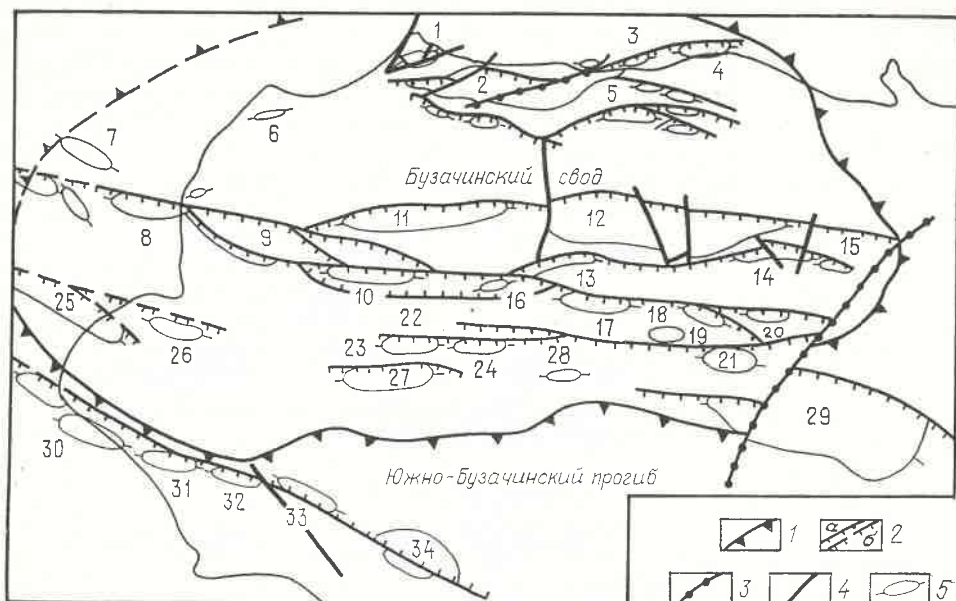


Рис. 1. Тектоническая схема п-ова Бузачи:

1 — границы Бузачинского свода, 2 — надвиги уверенные (а) и предполагаемые (б), 3 — сдвиги, 4 — прочие разрывы; 5 — платформенные антиклинали: 1 — Арман, 2 — Каламкас, 3 — Каратурун-море, 4 — Су-юкты, 5 — Каратурун, 6 — Култай, 7 — Бузачи-море, 8 — Каражанбас-море, 9 — Каражанбас, 10 — Жалгиз-тобе, 11 — Северные Бузачи, 12 — Жаманорпа, 13 —

Северная Бесоба, 14 — Акорпа, 15 — Жалзак, 16 — Жанаалак, 17 — Бесоба, 18 — Киникты, 19 — Жарыл-гас, 20 — Аирсор, 21 — Северный Кызан, 22 — Северный Тасбас, 23 — Западный Тасбас, 24 — Тасбас, 25 — Долгинец, 26 — Северный Долгинец, 27 — Алатобе, 28 — Западный Кызан, 29 — Кызан-Акшимрай, 30 — Торлун-море, 31 — Западный Торлун, 32 — Торлун, 33 — Акмола, 34 — Кошак

денные в статье фактические материалы свидетельствуют о важном значении тангенциальных напряжений в формировании складчатости на молодой платформе.

Основными структурами платформенного чехла п-ова Бузачи являются одноименный свод и располагающийся южнее Южно-Бузачинский прогиб, осложненные локальными поднятиями. Обнаруженные здесь ранее немногочисленные надвиги позволили автору высказать предположение об их определяющей роли в строении доюрского осадочного (доплитного) комплекса и приуроченности к фронтальным частям надвигов платформенных антиклиналей [6]. Более глубокий анализ буровых данных и новых материалов сейсморазведки МОГТ полностью подтверждает сделанный ранее вывод, а также дает возможность решить ряд принципиальных вопросов, касающихся генезиса и механизма формирования пликативных дислокаций осадочного чехла.

В платформенном чехле полуострова выделяются несколько субширотных зон, примыкающих с юга к надвигам (рис. 1). Локальные поднятия, входящие в их состав, — линейной фор-

мы с крутыми короткими северными и пологими южными крыльями. Они представляют собой полуантиклинали с оборванными разломами северными крыльями. В южном направлении, в сторону Южно-Бузачинского прогиба, наблюдается ступенчатое погружение приразломных антиклинальных зон. Однако гребень каждой последующей южной линии является взброшенным относительно южного крыла северной зоны с амплитудой смещения по подошве юрских отложений до 300 м.

Максимальная дислоцированность пермо-триаса отмечается в лобовых частях тектонических пластин, отвечающих в плане платформенным антиклиналям, где отсутствуют какие-либо регулярные сейсмические отражения. В то же время в межгребневых зонах можно наблюдать непротяженные, сравнительно пологие отражающие площадки, указывающие на более спокойные залегания слоев. Это согласуется с материалами глубокого бурения: на всех разбуренных антиклиналях центральной и южной частей полуострова в керне, поднятом из доюрской части разреза, отмечены углы падения, колеблющиеся в очень широких пределах — от субгоризонтальных до

близвертикальных. Наиболее часто встречающиеся значения —  $45-50^\circ$ . Следствием проявления складчатых деформаций является высокая плотность пород пермо-триаса ( $2,60-2,70 \text{ г/см}^3$ ), близкая породам каратауского комплекса Горного Мангышлака ( $2,65-2,75 \text{ г/см}^3$ ). При этом отмечается максимальный размыв триасовых отложений. С внешней стороны надвигов, подсеченных в ряде случаев скважинами, скачкообразно возрастает стратиграфическая полнота разреза, а дислоцированные породы граничат с блоками, в пределах которых однообразные отложения имеют пологое залегание.

Для надвигов характерны крутые ( $45-70^\circ$ ) углы падения их поверхностей в платформенном чехле и постепенное выполаживание с переходом в субгоризонтальные срывы на глубине (что хорошо видно на сейсмических разрезах), т. е. они по своей сути — листрические разломы.

Горизонтальная составляющая в смещении по тектоническим разрывам внутри отложений триаса и перми подтверждается существованием пологих (до  $25-30^\circ$ ) зеркал скольжения, описанных по керну достаточно большого числа скважин.

Рассмотрим более подробно строение складчато-надвиговых дислокаций на примере наиболее изученных структур.

Крупнейшая Жаманорпинская антиклиналь (рис. 2, 3) примыкает с юга к крупному надвигу, прослеживающемуся в центральной части Бузачинского свода. Длина ее 40 км, ширина до 10 км. Складка резко асимметрична. На южном широком крыле породы юры и мела залегают под углом  $5-3^\circ$ . Свод поднятия прижат к надвигу и северное крыло практически отсутствует. Амплитуда складки по подошве юрских отложений около 700 м, величина вертикального смещения по разрыву достигает 800 м.

В своде поднятия юрские отложения резко сокращены, вплоть до полного отсутствия. В то же время к северу через разлом отмечается скачкообразное возрастание их стратиграфического объема и мощности. Это связано с тем, что в преднеокомское время эрозией была уничтожена значительная (иногда полностью) часть юрских отложений, слагающих Жаманорпин-

скую антиклиналь. Наблюдается уменьшение в сводовой части антиклинали и мощности меловых отложений. Последние залегают под маломощным чехлом четвертичных суглинков и супесей. В ядре складки обнажены осадки среднего и верхнего альба, крылья сложены породами сеномана, сенона и турона.

Основной северный надвиг погребен под рыхлыми четвертичными образованиями. Угол наклона надвига в юрско-меловых отложениях составляет  $75-80^\circ$  с плоскостью наклона на юг. В доюрском осадочном комплексе происходит резкое выполаживание надвига, переходящего по сути в субгоризонтальный срыв. Во фронтальной части тектонической пластины доюрские отложения интенсивно дислоцированы. На сейсмических временных разрезах эти участки соответствуют зонам потери корреляции отражающих горизонтов.

Скважинами в своде поднятия под отложениями юры вскрыты пестроцветные алевролиты-аргиллитовые образования триаса, залегающие под углами в десятки градусов, а иногда и вертикально. Плоскость надвига подсечена скважиной № 12 в доюрской части разреза. Здесь под пестроцветной терригенной толщей нижнего — среднего триаса мощность 700 м появляется сероцветная толща (940 м), возраст которой предполагается как среднее — верхнетриасовый [3]. Ниже вновь залегают пестроцветные отложения, сходные по составу с верхней частью доюрского разреза. Углы наклона слоев по керну изменяются от  $5$  до  $60^\circ$ , причем максимально дислоцированы отложения средней толщи. По мнению А. А. Голова, И. В. Долицкой и др., 1979 г., здесь, вероятно, — тектоническое сдвигание разреза.

На южное крыло Жаманорпинской складки надвинута Северо-Бесобинская антиклиналь (см. рис. 2).

Каражанбасское локальное поднятие, как и предыдущее, примыкает с юга к крупному надвигу (см. рис. 1). Ядро складки сложено породами нижнего альба и обрамлено среднеальбскими отложениями. В своде поднятия резко сокращается мощность меловых отложений, а юрские уничтожены преднеокомским размывом полностью. К северу от плоскости надвига мощность юрских образований значительно уве-

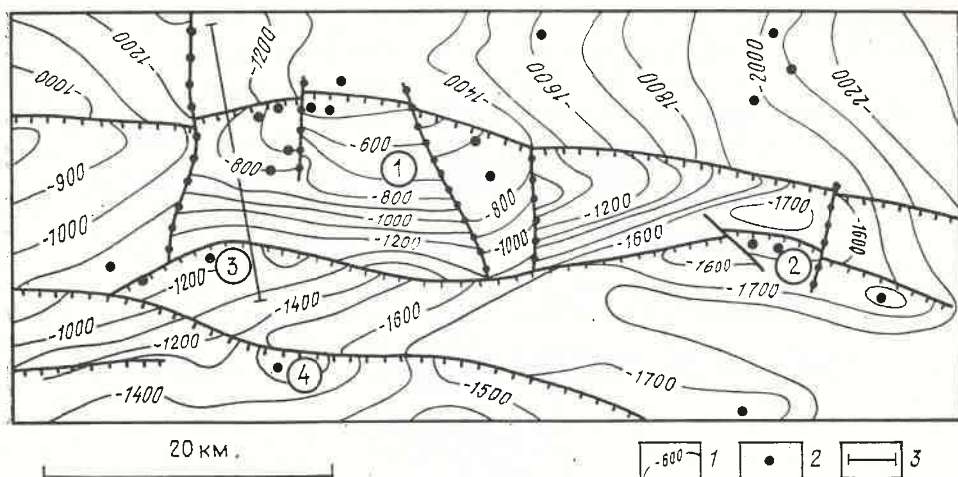


Рис. 2. Структурная карта Жаманорпинской антиклинали:

антиклинали (цифры в кружках): 1 — Жаманорпинская, 2 — Акорпинская, 3 — Северо-Бесобинская, 4 — Бесобинская; 1 — стратонизогипсы подошвы юрских отложений, м; 2 — надвиги, 3 — сдвиги; остальные усл. обозн. см. на рис. 1

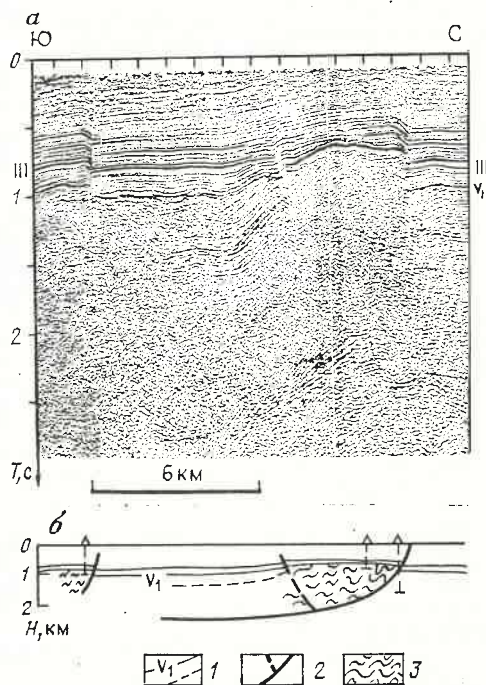


Рис. 3. Сейсмический разрез Жаманорпинской антиклинали:

а — временной, б — сейсмогеологический разрез; 1 — основные и второстепенные отражающие горизонты; III — подошва мела, V1 — подошва юры; 2 — надвиги; 3 — зона складчатого пермо-триаса; на сейсмогеологическом разрезе соотношение вертикального и горизонтального масштабов 1:1

личивается, возрастает она и у меловых пород.

Размеры поднятия по подошве юрских отложений —  $28 \times 6$  км, амплитуда 200 м. Ориентировка длинной оси совпадает с простиранием разлома на северо-запад ( $290^\circ$ ). Южная часть крыла Каражанбасского поднятия взброшена относительно северной его половины по крутопадающему надвигу с вертикальной составляющей смещения по подошве юры 50—60 м. Поверхность южного надвига наклонена к югу и заметно выполаживается в доюрской части разреза, что достаточно

четко видно, как и в случае с Жаманорпой, на поперечных сейсмических временных разрезах МОГТ. Амплитуда вертикального смещения по основному нарушению по подошве юрских отложений составляет 300 м, уменьшаясь вверх по разрезу (по подошве неокома — 160 м, апта — 120 м, альба — 100 м). В плане оно имеет форму дуги, выпуклой стороной обращенной к северо-северо-востоку. Описанные тектонические нарушения разрывают юрские и меловые отложения и картируются геологической съемкой под рыхлыми четвертичными осадками.



Свод поднятия рассечен еще несколькими малоамплитудными разрывами, не достигающими до земной поверхности. В керне скважин отмечено множество трещин, зеркал скольжения (от вертикальных до весьма пологих) и перемятость пород, особенно в сводовой части антиклинали, непосредственно примыкающей к основному разрыву.

Северо-Бузачинское поднятие, расположенное кулисообразно к северо-востоку от Каражанбасского, также примыкает к надвигу, имеющему субширотное простирание. Размер складки по подошве юрских отложений —  $20 \times 6$  км, амплитуда поднятия — 150 м, смещение по разрыву 50—60 м. Антиклинальная складка асимметрична: северное крыло короткое и крутое, южное более пологое и широкое. Своду поднятия отвечает эрозионная котловина, выполненная четвертичными образованиями мощностью до 35—40 м. Под ними в ядре складки обнажены нижние горизонты альба, обрамленные по периферии отложениями среднего и верхнего альба.

Жалгизтобинская складка, располагающаяся к югу от Северо-Бузачинской, — типичная принадвиговая антиклиналь, приуроченная к его фронтальной части. Длина ее 16 км, ширина 3 км. Амплитуда по подошве юрских отложений около 100 м. Южное крыло поднятия осложнено надвигом меньшей амплитуды, падающим на север.

Каламкасская антиклиналь, располагающаяся в северной части полуострова, представляет собой крупную складку субширотного простирания. Размеры ее по подошве юрских отложений составляют  $33 \times 6$  км при амплитуде 250 м. Как и у всех предыдущих структур, более пологим является южное крыло, а северное обрвано надвигом, но верхний стратиграфический диапазон проникновения его здесь ограничивается юрскими отложениями. Структура расчленена разрывами северо-восточной ориентировки, являющимися правосторонними сдвигами. Вдоль них происходит последовательное смещение к северо-востоку как отдельных частей поднятия, так и линии надвига.

В состав Каламкасской антиклинальной линии входят поднятия Арман, Каратурун-море и Суюкты. В от-

личие от других антиклинальных зон Бузачинского свода данная структурная линия обращена выгнутой частью не к северу, а к югу, как бы очерчивая южный борт Прикаспийской синеклизы.

Как показал анализ материалов высочоточной аэромагнитной съемки [8], граница Северо-Устьюртского докембрийского массива и Прикаспийской впадины на данном участке проходит непосредственно под Каламкасской антиклинальной зоной. Приведенные выше сведения указывают на надвиговой характер сочленения этих крупных тектонических элементов. Подобная граница Прикаспийской впадины с прилегающими структурами молодой платформы установлена геофизическими исследованиями и глубоким бурением в зоне ее сочленения с краем Карпинского [2].

Аналогичное строение имеют и другие складчато-надвиговые дислокации п-ова Бузачи, в т. ч. образующие Торлунскую антиклинальную зону северо-западного простирания, разделяющую Южно-Бузачинский платформенный прогиб на Сарыташскую и Каракичикскую депрессии. Кроме того, в пределах последней имеются и другого рода доказательства горизонтальных перемещений, в частности, тектонического сближения разнофациальных отложений триаса. Так, например, в скважине Западный Торлун-1 в интервале 1448—2046 м вскрыт морской сероцветный карбонатно-терригенный комплекс среднего триаса центральномангышлакского типа, надрывнутый на разновозрастные континентальные и прибрежно-морские пестроцветные образования, характерные для разрезов Бузачинского свода. Кроме того, в интервале 2043—2046 м обнаружен пласт тектонической брекчии, состоящий из щебневидных, реже округло-угловатых обломков глинистых пород как сероцветной толщи (отложения аллохтона), так и подстилающих пестроцветов.

Геолого-геофизическими работами последних лет, проведенными на акватории Северного Каспия, доказано продолжение антиклинальных зон на десятки километров к западу, картируемых на суше [7]. Сейсмические материалы подтверждают и здесь их генетическую взаимосвязь с надвиговыми дислокациями (рис. 4).

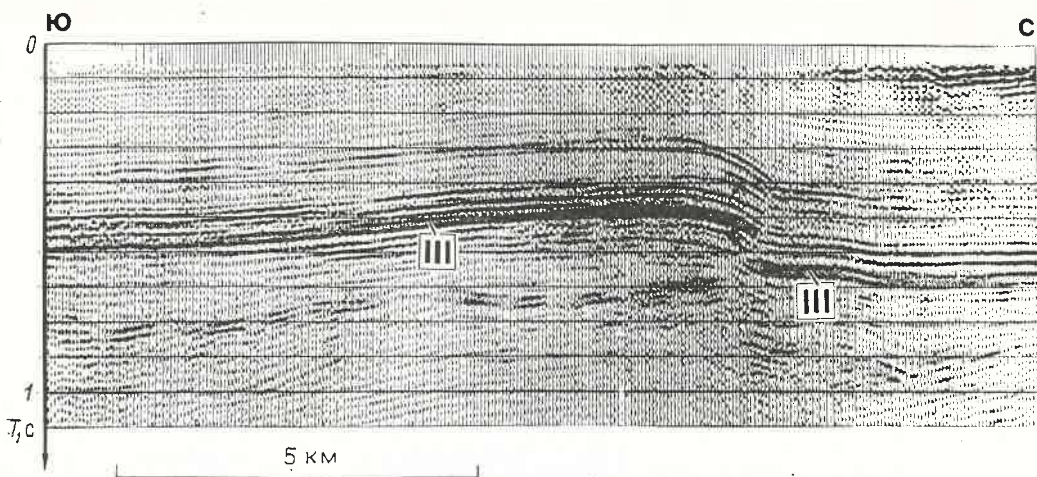


Рис. 4. Временной сейсмический разрез через антиклиналь Каражанбас-море:

III — отражающий горизонт в подошве мела; вертикальный масштаб увеличен относительно горизонтального примерно в 2 раза

Таким образом, данные сейсморазведки МОГТ и глубокого бурения свидетельствуют о наличии в платформенном чехле и в т. ч. доюрском осадочном комплексе п-ова Бузачи структур, образование которых связано с воздействием сил горизонтального сжатия. При этом в верхнепермско-триасовом разрезе главная роль принадлежит не линейным локальным поднятиям, как это принято считать, а серии тектонических чешуй и пластин, в головных частях которых доюрские отложения обычно интенсивно дислоцированы и имеют резко отличный структурный план от перекрывающих юрско-меловых отложений.

Время образования тектонических пластин приходится на конец триасового периода — момент закрытия Центральномангышлакского пермско-триасового прогиба, северная граница которого проходила несколько южнее Каражанбасско-Жаманорпинской антиклинальной зоны.

Мощная алевролитно-аргиллитовая толща верхней перми и триаса, обладающая высокой пластичностью, вероятно, была сорвана по поверхности более жестких терригенно-карбонатных пород карбона — нижней перми, которые по данным сейсморазведки МОГТ имеют свой, отличный от вышележащих комплексов, структурный план, и шарьирована на одновозрастные образования Северо-Устюртского докембрийского массива, служившего своеобразным блоком-упором. Последний также испытал на себе воздействие

тангенциального стресса, направленного со стороны надвигавшихся тектонических пластин, что привело к образованию в его пределах Каламкаской надвиговой зоны. Разрядка горизонтальных напряжений сопровождалась трансформацией латеральных перемещений масс горных пород в вертикальные с формированием эшелонированных надвиговых структур и мощных приразломных зон смятия. Образовавшиеся в конце триасового периода тектонические пластины оставались активными и на платформенном этапе, что привело к развитию в юрско-меловых отложениях описанных выше антиклиналей, пространственно совпадающих с их фронтальными частями.

Детальный палеотектонический анализ свидетельствует о том, что складчато-надвиговые дислокации развивались импульсивно, в обстановке периодически повторяющегося горизонтального сжатия. Помимо предъюрской фазы тектонической активизации, наиболее заметное возобновление подвижек по надвигам отмечается в преднеокомское, преддатское и предпалеоценовое время. Между периодами активизации отмечаются периоды относительного тектонического покоя с постепенным замедлением (вплоть до полного прекращения) подвижек по надвигам и, соответственно, роста поднятий.

Одна из наиболее значительных фаз тектонической активизации на западе Туранской плиты приходится на предсреднемиоценовое время. Отсутствие



на большей части п-ова Бузачи нижнемиоценовых и перекрывающих их отложений не позволяет дать обоснованную оценку значения этих движений в формировании структур горизонтального сжатия. Однако, учитывая их региональную природу, можно предположить проявление складкообразовательных движений в это время в пределах рассматриваемого региона. Отражение большинства фронтальных поднятий в современном ландшафте подтверждает тектоническую активизацию в новейшее время.

Ряд из описанных выше поднятий содержит промышленные запасы нефти и газа, локализованные в юрских и меловых отложениях, и несмотря на крайне неблагоприятные условия для их сохранности на п-ове Бузачи (малые глубины залегания, отсутствие надежных покровов, выход надвигов на земную поверхность), полного разрушения залежей углеводородов не произошло. Это еще раз говорит о том, что данные разрывы сформировались в условиях сжатия и являются слабыми проводниками флюидов и хорошими тектоническими экранами. Последнее подтверждается и особенностями строения Каражанбасского, Каламкасского и Северо-Бузачинского месторождений, где многие залежи тектонически экранированы.

Приуроченность платформенных антиклиналей (потенциальных ловушек углеводородов) к фронтальным частям надвигов позволяет более целенаправленно вести их поиск. Структурный план платформенных поднятий не всегда является надежной основой при выборе местоположения скважин, бурящихся на доюрский комплекс, поскольку доюрские отложения на этих участках обычно подвержены значительным деформациям. Особенно это относится к крупным линейным структурам. Кроме того, интенсивная дислоцированность и уплотненность алевритно-аргиллитовых отложений триаса и верхней перми в головных частях пластин отрицательно сказались на коллекторском потенциале пород: открытая пористость изменяется от 0,07 до 1,88 %, достигая в единичных случаях 4,17 %. Вероятность открытия залежей нефти и газа в таких зонах невелика. Большой интерес могут представлять поднятия, расположенные с внешней стороны Каражанбас-Жама-

норпинской антиклинальной зоны, где породы триаса и палеозоя менее уплотнены и, как следствие, обладают лучшими емкостными параметрами. Так, например, для отдельных литологических разностей пород из триасовой части разреза Каламкасского поднятия отмечены значения открытой пористости до 22 %.

Практически не изучены на сегодняшний день поднадвиговые зоны. Исследование их геологического строения и перспектив нефтегазоносности — задача ближайшего будущего. Наибольший интерес в этом отношении представляет зона сочленения Бузачинского свода и Прикаспийской синеклизы.

В пределах п-ова Бузачи известно достаточно большое количество грязевых вулканов, сопок, сальз [4]. Устанавливается достаточно закономерная их приуроченность к зонам сдвигов, осложняющим фронтальные складки. Вполне вероятно, что в условиях горизонтального сжатия флюиды, заполняющие антиклинальные ловушки, используют их в качестве каналов вертикальной миграции. Подтверждается это известными случаями повышения температур и газонасыщенности нефтей в скважинах, попадающих в зоны сдвигов и данными геохимического бурения, фиксирующего углеводородные аномалии в приповерхностных горизонтах. Вполне вероятно, что внедрение углеводородов в юрско-меловые ловушки осуществлялось по этим каналам. Находки спорово-пыльцевых комплексов [1] в палеозойских нефтях (при отсутствии таковых во вмещающих породах) доказывают, что главная роль в формировании юрско-меловых залежей принадлежит вертикальной миграции.

В заключение можно сказать, что закономерная приуроченность платформенных антиклиналей п-ова Бузачи к фронтальным частям надвигов, зависимость морфологии складок от направления падения поверхностей разрывов, обуславливающего асимметричность их крыльев, совпадение времени активного роста поднятий и надвигов свидетельствуют о тесной их генетической взаимосвязи и формировании в обстановке воздействия тангенциального сжатия. При этом на первом этапе происходит тектоническое расслоение осадочного чехла с



образованием пологих срывов и литопластин. Трансформация горизонтальных движений в вертикальные в лобовых частях литопластин ведет к образованию листрических разломов — крутых в верхней части разреза и пологих на глубине. Возникающие при этом складчатые дислокации являются отражением последующего качественного изменения формы залегания слоистых толщ. В условиях возрастающего бокового сжатия могут формироваться мощные зоны приразломного смятия. Таким образом, надвиги являются первичными, а складки — вторичными структурными формами.

Аналогичные внутриплитные структуры горизонтального сжатия известны и в других районах запада Туранской плиты [6], что подтверждает региональную природу тектонических сил, ответственных за образование данного типа дислокаций, и подчеркивает значение тангенциальных напряжений в дислокационном процессе на молодой платформе.

Геологическими и геофизическими исследованиями последних лет доказано широкое развитие и важная роль листрических разломов в строении многих складчатых областей [5, 9, 10 и др.]. При сопоставлении сейсмических разрывов, иллюстрирующих строение разрывов и сопровождающих пликативных дислокаций складчатых областей и складчато-надвиговых дислокаций запада Туранской плиты отмечено сходство их морфологии. Поскольку и те, и другие образовались в обстановке тангенциального сжатия, можно говорить о близком механизме их формирования, но естественно, с поправкой на масштаб этих явлений на платформе и в складчатых областях.

Установленные закономерности строения пликативных дислокаций и их взаимосвязь с надвигами необходимо учитывать при геологоразведочных работах на нефть и газ. Кроме того, поскольку при оценке перспектив нефтегазоносности слабоизученных территорий в качестве неблагоприятного фактора принято считать ее значитель-

ную раздробленность (тем более, если разрывы выходят на дневную поверхность), изложенные выше сведения указывают на необходимость восстановления в каждом конкретном случае динамической обстановки формирования нефтегазоносных структур, что позволит более объективно оценить роль разрывов в процессе нефтегазонакопления, которые могут служить как пути вертикального перераспределения флюидов (условия растяжения) и являться экранами (обстановка сжатия).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богдасарян Л. Л. Микроорганические остатки в нефтях полуострова Бузачи. — Л., 1976. С. 67—71 (Тр. ВНИГРИ. Вып. 384).
2. Бембеев В. Э.-Г., Климашин В. П., Скроцкий С. С. Перспективы нефтегазоносности Каракульско-Смушковской зоны дислокаций в свете новейших данных бурения и сейсморазведки//Геологическое строение и разведка полезных ископаемых Калмыцкой АССР. Элиста, 1985. С. 38—46.
3. Особенности строения и перспективы нефтегазоносности Бузачинско-Прорвинского района/А. А. Голов, И. В. Долицкая, О. А. Карцева и др.//Тектоника Прикаспийской впадины. М., 1979. С. 103—126.
4. Грязевые сопки — новый поисковый признак на нефть и газ в Западном Казахстане/В. В. Грибков, А. М. Нурманов, В. П. Токарев и др.//Геология нефти и газа. 1975. № 1. С. 21—25.
5. Паталаха Е. И., Хрычев Б. А. Листрические разломы в складчатых областях//Геотектоника. 1988. № 4. С. 8—19.
6. Попков В. И. Следы тангенциального сжатия в платформенной структуре западных районов Туранской плиты//Докл. АН СССР. 1985. Т. 284. № 3. С. 674—678.
7. Попков В. И. Перспективы нефтегазоносности прибузачинского сектора Каспия. — Грозный, 1987. С. 4—7 (Тр. КазНИПИ-нефть. Вып. 14).
8. Попков В. И., Калинин М. И., Сейфулин Ш. М. Глубинное строение Северного Каспия//Докл. АН СССР. 1989. Т. 305. № 2. С. 409—412.
9. Хрычев Б. А. О горизонтальных движениях земной коры на Урале по данным ГСЗ//Физика Земли. 1980. № 9. С. 29—37.
10. Хрычев Б. А. Картирование взбросов и надвигов Жалаир-Найманской зоны Центрального Казахстана методом отраженных волн (МОВ)//Геотектоника. 1984. № 3. С. 32—39.

Принята редколлегией 26 марта 1990 г.

## Рифейские базитовые формации Урикско-Туманшетской зоны Присаянья

А. П. СЕКЕРИН, Ю. В. МЕНЬШАГИН,  
В. А. ЛАЩЕНОВ (ИЗК СО АН СССР)

Магматическая деятельность в пределах платформ обычно сопряжена с процессами, происходящими в обрамляющих складчатых областях. Для юго-западного (Присаянского) краевого выступа Сибирской платформы максимальная тектоно-магматическая активность отмечается в позднем докембрии, что совпадает со временем развития в Восточных Саянах байкальской складчатости. В этот период в пределах платформы сформировался ряд рифтогенных структур, частично унаследовавших особенности интракратонного Урикско-Туманшетского прогиба, происходило внедрение глубинных подкоровых магм нормальной и повышенной щелочности.

Урикско-Туманшетский прогиб, заложенный между Бирюсинской глы-

бой архея и кратоном Иркутского амфитеатра (рис. 1), в раннем протерозое представлял собой мобильную зону, где накопление терригенных флишеидных толщ сопровождалось излиянием магм недифференцированных субщелочных (оливиновых) базальтов натриевого умеренно титанистого афирового типа с пониженной ролью толеитов (далдарминская свита) и базальт-андезит-дацит-риолитов порфирового типа (шаблыкская свита) с антидромным характером развития [7]. На рубеже протерозоя и рифея прогиб вступил в орогенную стадию развития, отличающуюся интенсивным проявлением разрывных и складчатых дислокаций, в результате чего он был трансформирован в сложностроенный грабен-синклинорий. В настоящее время на земной поверхности наблюдается его юго-восточный фланг, известный как Урикско-Ийский грабен. Северо-западная часть Урикско-Туманшетской зоны перекрыта средне-верхнерифейскими отложениями карагасской и оселковой свит Присаянского прогиба.

Внутреннее строение Урикско-Ийского грабена трактуется неоднозначно. Один из наиболее важных вопросов геологии данного района — определение стратиграфического положения ермосохинской и ингашинской свит. Последняя относится к основанию [4] либо к верхам разреза осадочной толщи (А. П. Таскин, Г. Я. Абрамович, Г. М. Гундобин, 1971). С учетом преобладающего ранее представления о более высоком положении ингашинской свиты относительно ермосохинской были разработаны существующие и сейчас схемы магматизма этого района [1]. Однако в последние годы установлено более позднее образование пород ермосохинской свиты [7], что привело к необходимости пересмотра принадлежности слагающих

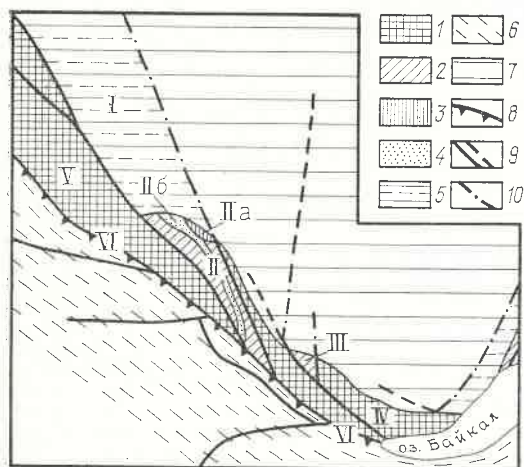


Рис. 1. Схема основных докембрийских элементов [3] с изменениями:

структурные этажи: 1 — архейский, 2 — раннепротерозойский, 3 — раннерифейский, 4 — среднерифейский, 5 — средне-позднерифейский; 6 — геосинклинальные системы Байкалида; 7 — платформенный чехол; 8 — краевой шов платформы; 9 — основные разломы; 10 — граница кратона Иркутского амфитеатра; структурные элементы: I — Присаянский прогиб, II — Урикско-Ийский грабен, IIa — Калбазыкская грабен-синклиналь, IIб — Ермосохинские грабены, III — Оноотский грабен, IV — Шарыжалгайский выступ, V — Бирюсинская глыба, VI — Главный Саянский разлом

его базитов к тому или иному комплексу.

Гипабиссальные дайковые и силловые интрузии диабазов, габбродиабазов, долеритов включены в состав раннерифейского (ангаульского) и поздне-нерифейского (нерсинского) комплексов [1, 5, 6]. Первый комплекс локализуется в Урикско-Ийском грабене, второй — в Присаянском прогибе и в меньшей степени в Урикско-Ийском грабене. В отношении объема и формационной принадлежности комплексов нет единого мнения. Ангаульский комплекс большинством исследователей относится к геосинклинальной спилит-диабазовой, нерсинский — к габбродиабазовой [5] или трапповой (Г. Д. Феоктистов, 1978) формациям.

В целях уточнения схем базитового магматизма Урикско-Туманшетской зоны нами проведено сравнение вещественного состава диабазовых комплексов, связанных с определенными этапами тектонической перестройки региона. Нижнепротерозойские эффузивы и комагматичные им дайковые тела амфиболитизированных диабазов далдарминской свиты (арбанский комплекс, по Г. Я. Абрамовичу и др. [1]) не рассматриваются. Подавляющее большинство интрузий базитов приурочены к орогенному и протоплатформенному этапам развития. К раннеорогенному этапу отнесены многочисленные гипабиссальные дайки диабазов, габбродиабазов, пикритовых порфиритов, встречающиеся в основном среди отложений ингашинской и урикской свит Урикско-Ийского грабена [1, 5, 12]. Дайки преимущественно ориентированы по направлению оси грабена, имеют крутое, близкое к вертикальному, падение. Интрузии занимают секущее положение относительно складчатых структур и, следовательно, являются постскладчатыми.

Наиболее распространены диабазы. Для них характерны преобладание пойкилоофитовых структур, редкое присутствие гранофировых обособлений, повышенная степень вторичных изменений. Содержание плагиоклаза (№ 40—50) составляет 30—55 %, моноклинного пироксена ( $2V=47^\circ$ ), почти целиком замещенного роговой обманкой, 40—60 %. Из аксессуарных минералов отмечаются сфен, апатит, титаномагнетит, ильменит. Вторичные

изменения выражены в образовании амфибола, хлорита, стильномелана, гидрослюда, минералов эпидот-цоизитовой группы, лейкоксена. Возраст диабазов, определенный по Rb—Sr изохроне,  $1640 \pm 100$  млн лет [6], что согласуется с многочисленными датировками (ПГО «Иркутскгеология»), отвечающими интервалу 1750—1500 млн лет.

Пикритовые порфириты по своей распространенности значительно уступают диабазам. Они образуют дайкоподобные, реже изометричные самостоятельные или совместно с диабазами тела протяженностью до 2 км, мощностью 0,2 км. Диабазы в последних слагают периферийные части (обычно с одной стороны) и отделены от пикритовых порфиритов зоной клинопироксенитов шириной до 25 м. Пикритам свойственна порфировая структура, обусловленная наличием полигональных и округлых псевдоморфоз серпентина по оливину, погруженных в мелкозернистую тремолит-хлорит-серпентиновую основную массу. Размер вкрапленников 1—3 мм, содержание их в породе 30—70 %. Иногда встречаются реликты бурого амфибола, близкого к керсутиту, реже авгита. Участками в качестве породообразующих минералов присутствуют мелкочешуйчатый тальк и брейнерит. Рудные минералы представлены магнетитом и титаномагнетитом. На принадлежность пикритовых порфиритов и диабазов к одному комплексу указывают их пространственная и структурная сопряженность, а также формирование совместных тел.

К северо-западной части Урикско-Ийского грабена, к зоне сочленения его с Присаянским прогибом, приурочена Калбазыкская грабен-синклиналь размером  $18 \times 5$  км, ориентированная в северо-западном направлении. С юго-запада и северо-востока она ограничена местными разломами, юго-восточная граница имеет форму флексуры по породам основания урикской (аршанской) и ингашинской свит нижнего протерозоя; северо-западное окончание перекрывается отложениями карагасской серии среднего рифея. Грабен-синклиналь сформирована в посленингашиинское — докарагасское время. Калий-аргоновые датировки интрузивных и эффузивных пород, по данным Г. Я. Абрамовича и др. (ПГО



«Иркутскгеология», 1973), 1595±133 млн лет.

Грабен-синклиналь выполнена слабометаморфизованными вулканогенно-осадочными отложениями калбазыкской свиты, вмещающими силлы диабазов, габбродиабазов и дифференцированный штокообразный Ангаульский массив, где, кроме диабазов, встречаются кварцевые порфиры и риолиты. По данным Г. К. Галимова и В. В. Брынцева, магматические образования Калбазыкского прогиба составляют единую контрастно дифференцированную вулканоплутоническую ассоциацию. Особенность магматитов ассоциации — присутствие, наряду с раскристаллизованными до пегматитов диабазами и габбродиабазами, афанитовых и миндалекаменных разностей. В Ангаульском массиве обнаружены также спилиты. Кварцевые порфиры и риолиты распространены в ограниченном количестве. Переходные разности между ними и диабазами отсутствуют.

В осевой части Урикско-Ийского грабена, в Ерминско-Горхонской зоне разломов, прослеживается цепочка узких, протяженных континентальных грабеновых проседаний, связанных с с протоплатформенным этапом развития. Цепочка грабенов в отличие от линейно-вытянутых в северо-западном направлении складчатых форм вмещающих пород в плане имеет дугообразную форму. Впадины выполнены слабометаморфизованными конгломератами, песчаниками, алевролитами ермосохинской свиты, содержащими гальку туфогенных пород и диабазов.

Дайковые и трещинные интрузии диабазов, габбродиабазов, долеритов, пикритобазальтов (протяженность первые километры, мощность до 0,8 км) в большинстве своем размещаются в толще ермосохинской свиты. Для базитов характерны преобладание офитовых и долеритовых структур, частое присутствие гранофировых выделений, наличие неизменных разностей оливина. Наряду с раскристаллизованными до пегматоидных породами, встречаются афанитовые миндалекаменные и сферолитовые разности. По петрографическому составу диабазы близки к породам ангаульского комплекса, содержат оливин и небольшое количество биотита.

В отличие от диабазов и долеритов

пикритобазальтам присуща порфировая структура. Вкрапленники представлены оливином, редко клинопироксеном, основная масса — микролитами плагиоклаза и преобладающего клинопироксена. Из аксессуарных минералов наблюдаются титаномагнетит и магнетит. Вторичные изменения в пикритобазальтах проявлены незначительно и выражены в серпентинизации, хлоритизации, карбонатизации.

По совокупности признаков рассматриваемая группа пород соответствует нерсинскому комплексу, петротип которого находится в Присаянском прогибе [5]. Ранее на основании повышенной магнезиальности пикритобазальты включались в состав ангаульского комплекса. Однако четкая приуроченность пикритобазальтов к системе Ермосохинских грабенов, пространственная и структурная связь с щелочными ультраосновными породами и карбонатитами зиминского комплекса (что нехарактерно для ангаульского комплекса) свидетельствуют о их самостоятельности [12]. От пикритов ангаульского комплекса они отличаются наличием плагиоклаза и по химизму. Нижняя возрастная граница пород определяется временем формирования отложений ермосохинской свиты (средний рифей), верхняя — внедрением зиминского комплекса (венд). В этот же интервал укладываются многочисленные К—Аг датировки магматитов нерсинского комплекса [1, 2, 5].

Наиболее полно нерсинский комплекс проявлен в Присаянском прогибе, где слагает серию даек, силлов, пласовосекающих, реже штокообразных тел среди отложений карагасской серии. Тела представлены диабазами, габбродиабазами, гранофировыми диабазами, плагиофировыми диабазовыми порфирами, оливиновыми и миндалекаменными долеритами, трахибазальтами. Для большинства пород характерна офитовая и долеритовая структура, почти постоянное присутствие гранофировых выделений, не редок биотит.

Разделение базитов Присаянья в зависимости от приуроченности к перечисленным структурным элементам позволило установить некоторые особенности химизма и формационную принадлежность выделенных групп. По петрохимическим данным базиты

Средний химический состав рифейских базитов, %

| Оксиды                                                                                                                                                                                                                     | 1         |          | 2         |          | 3         |          | 4         |          | 5         |          | 6         |          | 7         |          | 8         |          | 9         |          | 10        |          | 11        |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
|                                                                                                                                                                                                                            | $\bar{x}$ | $\sigma$ | $\bar{x}$ | $\sigma$ | $\bar{x}$ | $\sigma$ | $\bar{x}$ | $\sigma$ | $\bar{x}$ | $\sigma$ | $\bar{x}$ | $\sigma$ | $\bar{x}$ | $\sigma$ | $\bar{x}$ | $\sigma$ | $\bar{x}$ | $\sigma$ | $\bar{x}$ | $\sigma$ | $\bar{x}$ | $\sigma$ |
| SiO <sub>2</sub><br>TiO <sub>2</sub><br>Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub><br>Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub><br>FeO<br>MnO<br>MgO<br>CaO<br>Na <sub>2</sub> O<br>K <sub>2</sub> O<br>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>П. п. п. | 47,74     | 0,99     | 42,16     | 3,58     | 48,82     | 3,58     | 39,42     | 50,99    | 2,61      | 75,10    | 49,13     | 71,73    | 49,68     | 71,73    | 2,19      | 47,04    | 2,08      | 49,52    | 2,45      |          |           |          |
|                                                                                                                                                                                                                            | 1,32      | 0,37     | 0,86      | 0,25     | 1,32      | 0,25     | 1,08      | 1,14     | 0,38      | 0,46     | 1,81      | 0,31     | 1,89      | 0,31     | 1,81      | 0,78     | 1,11      | 0,92     | 2,36      | 0,91     |           |          |
|                                                                                                                                                                                                                            | 13,44     | 1,63     | 5,75      | 3,11     | 14,84     | 3,11     | 7,29      | 14,13    | 1,31      | 11,18    | 14,24     | 13,26    | 16,20     | 13,26    | 2,26      | 10,78    | 1,79      | 13,54    | 1,67      |          |           |          |
|                                                                                                                                                                                                                            | 4,03      | 1,97     | 5,44      | 2,99     | 4,50      | 2,99     | 8,57      | 2,98     | 1,58      | 0,22     | 5,61      | 1,37     | 5,61      | 1,37     | 2,03      | 3,06     | 1,79      | 3,89     | 1,54      |          |           |          |
|                                                                                                                                                                                                                            | 9,17      | 2,78     | 8,0       | 1,98     | 8,39      | 1,98     | 2,98      | 8,95     | 1,97      | 2,93     | 9,78      | 1,82     | 6,12      | 1,82     | 1,97      | 7,79     | 2,69      | 9,08     | 1,93      |          |           |          |
|                                                                                                                                                                                                                            | 0,19      | 0,03     | 0,17      | 0,02     | 0,12      | 0,02     | 0,06      | 0,19     | 0,04      | 0,06     | 0,19      | 0,06     | 0,16      | 0,06     | 0,05      | 0,16     | 0,04      | 0,21     | 0,06      |          |           |          |
|                                                                                                                                                                                                                            | 7,55      | 1,21     | 23,41     | 4,03     | 6,76      | 4,03     | 26,34     | 5,71     | 1,27      | 0,60     | 5,64      | 0,50     | 4,12      | 0,50     | 0,77      | 14,74    | 1,84      | 6,20     | 2,36      |          |           |          |
|                                                                                                                                                                                                                            | 10,66     | 1,67     | 5,69      | 3,17     | 9,75      | 3,17     | 3,54      | 8,85     | 1,43      | 0,98     | 8,75      | 0,67     | 8,16      | 0,67     | 1,12      | 9,28     | 2,40      | 8,11     | 2,03      |          |           |          |
|                                                                                                                                                                                                                            | 2,19      | 0,74     | 0,12      | 0,18     | 2,03      | 0,18     | 0,72      | 2,83     | 0,71      | 2,67     | 2,38      | 2,34     | 2,76      | 2,34     | 0,33      | 1,15     | 0,66      | 2,94     | 0,80      |          |           |          |
|                                                                                                                                                                                                                            | 0,68      | 0,62     | 0,04      | 0,04     | 0,70      | 0,04     | 0,28      | 1,38     | 0,78      | 4,73     | 1,25      | 5,80     | 1,26      | 5,80     | 0,59      | 0,36     | 0,40      | 1,37     | 0,70      |          |           |          |
| 0,17                                                                                                                                                                                                                       | 0,18      | 0,08     | 0,05      | 0,19     | 0,05      | —        | 0,16      | 0,07     | 0,05      | —        | —         | —        | —         | 0,31     | 0,29      | 0,09     | 0,04      | 0,20     | 0,16      |          |           |          |
| 2,43                                                                                                                                                                                                                       | 0,50      | 7,36     | 1,49      | 2,95     | 1,49      | 9,43     | 1,85      | 0,60     | 0,99      | 1,93     | —         | —        | —         | 0,81     | 4,89      | 3,64     | 2,09      | 0,98     | —         | —        |           |          |
| Сумма                                                                                                                                                                                                                      | 99,57     | —        | 99,08     | —        | 100,37    | —        | 99,85     | 99,16    | —         | 99,97    | 99,65     | —        | —         | —        | —         | 100,45   | —         | 99,51    | —         | —        | —         |          |
| K <sub>Ф</sub>                                                                                                                                                                                                             | 61        | —        | 36        | —        | 65        | —        | 30        | 68       | —         | 84       | 71        | 86       | 78        | 86       | —         | 42       | —         | 68       | —         | —        | —         |          |
| K/(K+Na)                                                                                                                                                                                                                   | 0,17      | —        | —         | —        | 0,17      | —        | —         | 0,24     | —         | 0,53     | 0,26      | 0,62     | 0,23      | 0,62     | —         | —        | —         | 0,24     | —         | —        | —         |          |

Примечание. Ангаульский комплекс: 1 — диабазы (n=12), 2 — пикриты (n=10); диабаз-пикритовая формация Урала [10]; 3 — габбродиабазы, 4 — шкриты; каз-базмский комплекс: 5 — диабазы (n=24), 6 — риолиты (n=2); риолит-дейкобазальтовая формация Зауралья (турниский комплекс) [10]; 7 — базальты (n=53), 8 — риолиты (n=53); перснийский комплекс: 9 — диабазы (n=11), 10 — пикритобазальты (n=6), 11 — долериты и диабазы второй фазы (n=37) [5]; K<sub>Ф</sub> =  $\frac{Fe_2O_3 + FeO + MgO}{Fe_2O_3 + FeO + MgO} \cdot 100\%$ .

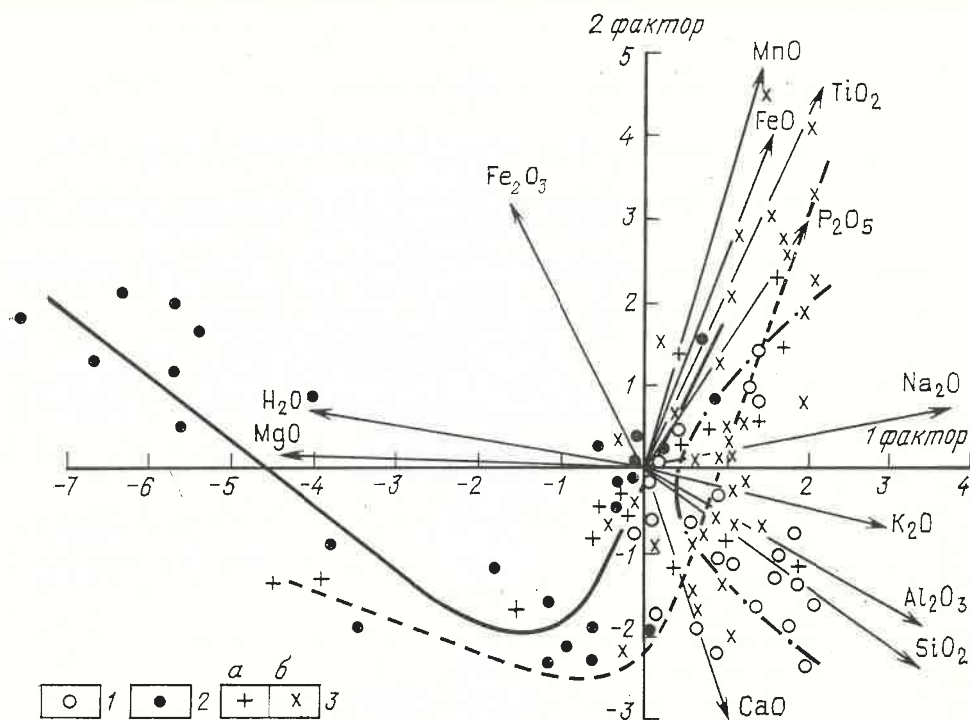


Рис. 2. Факторная диаграмма базитовых комплексов:

комплексы: 1 — калбазыкский, 2 — ангаульский, 3 — нерсинский (а — первая, б — вторая фазы); линиями показаны направления дифференциации комплексов пород

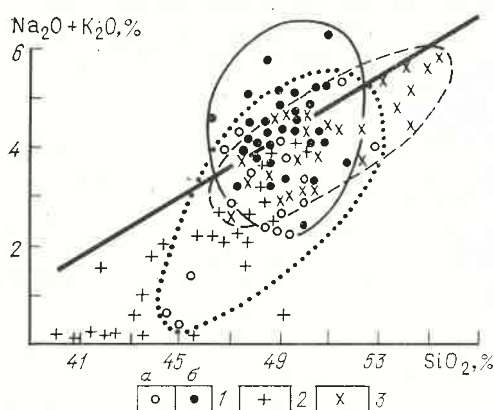


Рис. 3. Диаграмма  $\text{SiO}_2 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$  базитов:

комплексы: 1 — нерсинский (а — первая, б — вторая фазы), 2 — ангаульский, 3 — калбазыкский

в целом близки между собой, большинство их относится к толентам калиево-натриевой серии, низко- и умеренноглиноземистым, меланократовым (табл. 1). Для этой серии пород характерно повышенное содержание лития, что, очевидно, является региональной особенностью. Обработка петрохимической информации методом факторного анализа подтвердила существование предполагавшихся по геологическим данным групп пород с характерным для каждой из них трендом (рис. 2).

На факторной диаграмме пикритовые порфириты и диабазы ингашинской и урикской свит образуют непре-

рывный тренд от диабазов к пикритам, отличаются наименьшей щелочностью, глиноземистостью и кремнекислотностью, повышенными содержаниями Cr, Ni, Sr, пониженными K, Rb, а также значениями индикаторных геохимических отношений (табл. 2; см. табл. 1). По вещественному составу, формам проявления и геолого-структурной позиции эта группа пород соответствует диабаз-пикритовой формации [10]. В Присаянье отличительной чертой формации является преобладание диабазов над пикритами. Поскольку породы формации, имеющие в Урикско-Ийском грабене широкое распространение, выделялись в составе



ангаульского комплекса, это название за ними предлагается оставить.

Резко выраженная порфириность пикритов и отсутствие подобных структур в диабазах в совместных телах не позволяют говорить об образовании этих пород вследствие внутрикамерной дифференциации. Более вероятным представляется механизм пульсационного поступления в камеру базитовой, а затем пикритовой магмы из промежуточного очага. Совокупность структурных и вещественных признаков указывает на возможную кумулюсную природу пикритов и комагматичность их с диабазами.

Эффузивно-интрузивные базиты Калбазыкской грабен-синклинали на основании близкой в региональном плане структурной позиции пород, а также наличия в Ангаульском массиве низкокальциевых диабазов, сходных по составу с вышеохарактеризованными, ранее относились к ангаульскому комплексу, однако базиты грабен-синклинали, возникшей на позднеорогенной стадии, структурно разобщены с раннеорогенной пикрит-диабазовой формацией. Имеются различия в составе и химизме диабазов. На факторной диаграмме они образуют самостоятельный тренд, не совпадающий с трендом дифференциации ангаульского комплекса. Значительная часть точек расположена в «салической» части диаграммы, в области относительно повышенных содержаний  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ , щелочей. По большинству диагностических признаков (приуроченность к грабен-синклинали, развившейся на древней складчатой структуре, бимодальность в распределении составов, лейкократовый характер диабазов, калиево-натриевый тип щелочности и др. [10]) породы Калбазыкского прогиба соответствуют риолит-лейкобазальтовой формации (см. табл. 1).

Объединение пород, принадлежащих к разным формациям, в один ангаульский комплекс вряд ли правомерно. Поэтому авторы предлагают исключить из состава ангаульского комплекса эффузивные и интрузивные базиты (в т. ч. Ангаульский массив) калбазыкской свиты и ее аналогов и выделить их в самостоятельный калбазыкский комплекс липарит-лейкобазальтовой формации.

Долериты и диабазы Ерминско-Гор-

## 2. Содержание элементов-примесей в базитах, г/т

| Элементы | 1    | 2    | 3   | 4    | 5    |
|----------|------|------|-----|------|------|
| Li       | 21   | 9    | 22  | 43   | 24   |
| Rb       | 5    | 1,5  | 37  | 2    | 34   |
| Sc       | 47   | 46   | 45  | 9    | —    |
| Co       | 37   | 167  | 46  | 89   | 45   |
| Ni       | 171  | 1550 | 140 | 505  | 106  |
| V        | 398  | 173  | 480 | 223  | —    |
| Cr       | 494  | 1555 | 110 | 1440 | 191  |
| Sr       | 410  | —    | 100 | 79   | 288  |
| Ba       | 160  | —    | 270 | 52   | 215  |
| Zn       | 256  | 228  | 300 | 220  | 117  |
| Ni, Co   | 4,6  | 9,3  | 3,5 | 5,6  | 2,4  |
| Cr, V    | 1,2  | 8,9  | 0,2 | 6,4  | —    |
| Rb, Sr   | 0,01 | —    | 0,4 | 0,02 | 0,12 |
| Li, Rb   | 4,2  | 6    | 0,6 | 21,5 | 0,7  |
| Sr, Ba   | 2,6  | —    | 0,4 | 1,5  | 1,3  |

Примечание. Ангаульский комплекс: 1 — диабазы ( $n=5$ ), 2 — пикриты ( $n=9$ ); нерсинский комплекс: 3 — диабазы ( $n=2$ ), 4 — пикритобазальты первой фазы ( $n=2$ ), 5 — долериты и диабазы второй фазы ( $n=8$ ) [5].

хонской зоны разломов традиционно включались в состав нерсинского комплекса. Дополнительно к последнему нами отнесены рвущие ермосохинскую свиту пикритобазальты, ранее выделяемые в составе второй фазы ангаульского комплекса. На факторной диаграмме пикритобазальты, долериты и диабазы Урикско-Ийского грабена и Присаянского прогиба образуют единый тренд, несколько удаленный от тренда ангаульского комплекса в сторону повышенных значений щелочности, глиноземистости и кремнекислотности. Тренд нерсинского комплекса «сдвинут» от «магнезиальной» области к «железистой» (см. рис. 2). Помимо указанных особенностей, породы нерсинского комплекса отличаются от ангаульского по содержанию ряда элементов (см. табл. 2), приближаясь по уровню их концентрации к траппам.

В целом по вещественному составу и структурному положению породы нерсинского комплекса больше всего соответствуют базальт-долеритовой формации, что отмечалось Г. Д. Феоктистовым (1978). При сходстве по многим показателям породы нерсинского комплекса Урикско-Ийского грабена и Присаянского прогиба имеют некоторые различия, в частности, по содержанию Cr, Ni, Zn, Ti, Sr. Кроме того, пикритобазальты и долериты Урикско-Ийского грабена не прорыва-

ют отложения карагасской серии в отличие от долеритов Присаянского прогиба. Следовательно, размещение интрузий разного состава нерсинского комплекса контролируется различными структурами. На основании этого пикритобазальты и долериты Урикско-Ийского грабена нами отнесены к первой фазе нерсинского комплекса, связанной с ранней протоплатформенной стадией развития региона. В позднюю протоплатформенную стадию в сформировавшуюся толщу карагасской серии интродировали базальты и долериты второй фазы, эволюционировавшие в субщелочном направлении. О трахибазальтовой тенденции преобразования пород второй фазы, помимо особенностей их состава (в частности, высокое содержание титана), свидетельствует присутствие субщелочных разностей (рис. 3). Объединение в единый нерсинский комплекс пород, имеющих пикритобазальтовую и трахибазальтовую тенденцию развития, не противоречит представлениям об эволюции пород базальт-долеритовой формации, согласно которым эти фазы имеют ранг субформаций [9].

Таким образом, структурно-вещественный анализ рифейских базитов Урикско-Туманшетской зоны Присаянского краевого выступа позволяет выделить среди них пикрит-диабазовую, липарит-лейкобазальтовую и базальт-долеритовую формации, соответствующие ангаульскому, калбазыкскому и нерсинскому комплексам. Первая и вторая формации связаны с орогенными, третья — с протоплатформенными этапами развития региона. В Присаянском прогибе, наряду с базальт-долеритовой формацией, распространены продукты субщелочного и щелочного базальтового магматизма калиево-натриевой и калиевой серий [5, 8, 11], однако их изученность недостаточна для проведения формационного анализа.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамович Г. Я., Свирина Н. Ф., Волынец Ю. Н. Магматические комплексы Восточного Саяна//Основные черты геологии Восточного Саяна. Иркутск, 1979. С. 37—48.
2. Абрамович Г. Я. Ассоциация эндогенных формаций и эндогенные процессы в докембрии Восточного Саяна//Корреляция эндогенных процессов Сибирской платформы и ее обрамления. Новосибирск, 1982. С. 43—51.
3. Берзин Н. А. Сравнительная характеристика докембрийской структуры Прибайкалья и Присаянья//Тектоника Сибири. Т. III. Тектоника Сибирской платформы. М., 1970. С. 213—220.
4. Додин А. Л. Геология и минералогия Южной Сибири.— М.: Недра, 1979.
5. Домышев В. Г. Рифейские базиты Байкало-Саяно-Енисейского краевого обрамления Сибирской платформы.— Новосибирск: Наука, 1976.
6. Домышев В. Г., Лепин В. С. О возрасте древних базитов Присаянья//Геология, тектоника и рудоносность докембрия Сибирской платформы и ее обрамления. Геохронология. Иркутск, 1987. С. 227—228.
7. Конилов А. З., Травин Л. В. Стратиграфия нижнего протерозоя Урикско-Ийского грабена (Присаянье)//Проблемы стратиграфии раннего докембрия Средней Сибири. М., 1986. С. 21—29.
8. Корреляция тектонических и магматических процессов Сибирской платформы/Б. М. Владимиров, С. М. Замараев, А. А. Бухаров и др.//Корреляция эндогенных процессов. Геодинамические исследования. М., 1979. С. 82—111.
9. Магматические горные породы/Гл. ред. О. А. Богатиков.— М.: Наука, 1985. Т. 3.
10. Магматические формации СССР/Гл. ред. В. Л. Масайтис.— Л.: Недра, 1979. Т. 1.
11. Присаянский прогиб — докембрийский авлакоген юго-запада Сибирской платформы/А. П. Секерин, В. А. Лашенов, Б. М. Владимиров и др.//Тектоника и минеральные ресурсы докембрия Сибири и Дальнего Востока. Иркутск, 1988. С. 30—32.
12. Секерин А. П., Лашенов В. А. Ультрабазит-базитовый магматизм Ингагинского кимберлитового поля в Присаянье//Схемы базитового магматизма железорудных и алмазоносных районов Сибирской платформы. Иркутск, 1987.

Принята редколлегией 26 июня 1989 г.

## Сейсмостратиграфические исследования в Центральнорейверской рифогенной зоне

В. С. ПАРАСЫНА, В. А. СЕНИНА, Н. С. ЛАСКИНА, В. В. ВАСИЛЬЕВ,  
С. Л. ФЕДОТОВ (ПГО «Печорагеофизика»)

Опыт поисков и разведки структурно-рифовых ловушек углеводородов в сложностроенных разновозрастных зонах рифообразования Тимано-Печорской провинции свидетельствует о прямой зависимости их геолого-экономической эффективности от степени детальности и достоверности геологической модели разведываемого объекта [1, 3, 5]. Создание модели объекта и ее уточнение — процесс многоэтапный, важное значение в котором имеет проведение детализационных исследований на поисково-разведочном этапе с целью оптимизации дальнейших поисков и разведки залежей углеводородов [4].

Рассмотрим результаты сейсмостратиграфических исследований, выполненных с целью уточнения геологического строения Центральнорейверской зоны развития верхнедевонского барьерного рифа одновременно с бурением первых поисковых скважин. Были выполнены динамическая обработка сейсмических материалов и комплексная интерпретация временных разрезов с сохранением истинных соотношений амплитуд (СОА), мгновенных фаз, псевдоакустических преобразований (ПАК), разрезов глубоких скважин и данных ГИС с использованием методики сейсмостратиграфического анализа [2].

По сейсмическим, литологическим и морфологическим особенностям выделен ниже-верхнефранский седиментационно-сейсмический комплекс, залегающий согласно на кыновско-саргаевских отложениях (рис. 1) и представленный семилукским горизонтом и отложениями верхнефранского подъяруса верхнего девона. Разрез отложений комплекса в пределах площади исследований вскрыт скважинами Южно-Сурхаратинской-10, Ошкотынской-42, Восточно-Ошкотынской-4, Сихорейской-1, Верхнесихорейской-10, Северо-Хоседаюскими-1, 33 и характе-

ризуется фациальной изменчивостью и резкими колебаниями мощностей.

Нижняя граница комплекса контролируется отражающим горизонтом III d, верхняя — III f—fm<sub>1</sub>. Сейсмическое волновое поле между двумя субпараллельными границами отличается разнообразными типами рисунков сейсмической записи, отражающими морфологию напластований разнофациальных отложений комплекса. Сопоставление рисунков сейсмической записи и анализ разрезов глубоких скважин позволили выделить сейсмofации и соответствующие им типы разрезов, характеризующих осадконакопление в различных палеогеоморфологических зонах позднедевонского бассейна от глубоководной до шельфовой.

*Сейсмofация глубоководного бассейна* на временных разрезах отвечает двухфазное отражение, что обусловлено тонким переслаиванием маломощных высоко- и низкоскоростных пластов депрессионных осадков. Южнее изученной территории депрессионный тип разреза вскрыт скважинами Овражной-100, Янейтывисовской-1, Колва-11, Хорейвер-1. В нижней части он представлен темноцветными карбонатно-глинистыми битуминозными породами, выше по разрезу встречаются прослои мергелей и аргиллитов, участки светло-серых известняков; мощность отложений 115—130 м. В разрезе скважины Хорейвер-1, расположенной ближе к зоне рифообразования, появляются прослои светлых известняков, неравномерно глинистых, и мощность осадков увеличивается до 246 м. Рассматриваемая часть разреза характеризуется дифференцированными кривыми КС и кавернометрии, повышенными значениями ГК. Доманиковые фации вскрыты в краевых зонах Северо-Хоседаюского карбонатного массива (скв. 1, 33) и Центральнорейверской барьерной системы (скв. 4, 1, 10) преимущественно в нижней ча-



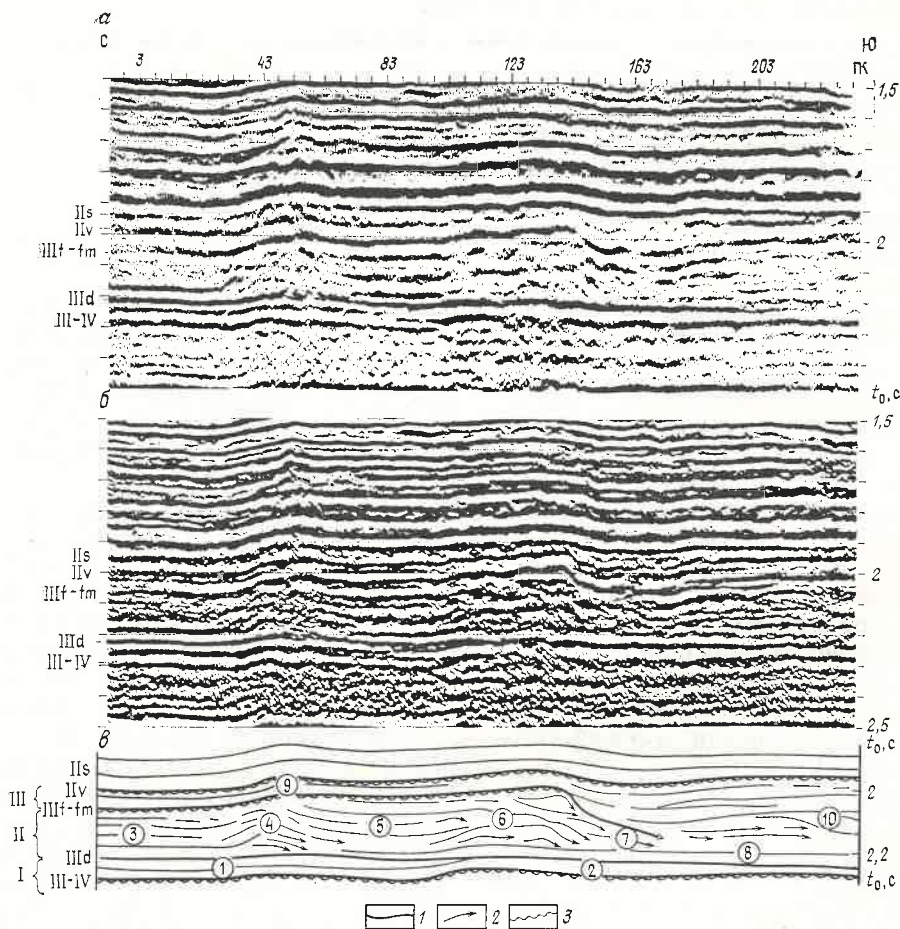


Рис. 1. Результаты сейсмостратиграфической интерпретации по профилю II—III:

*a* — временной разрез; *b* — разрез мгновенных фаз; *в* — сейсмостратиграфическая интерпретация; сейсмические комплексы: I — нижнефранкий; II — верхнефранкий; III — нижнефаменский; сейсмofации (циф-

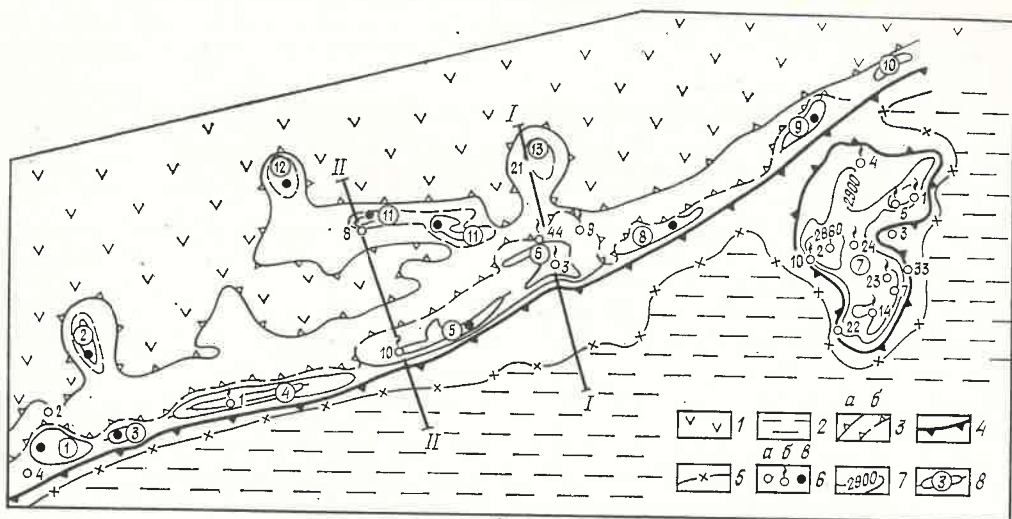
ры в кружках): 1 — трехфазная, 2 — двухфазная, 3 — шельфа, 4 — внутришельфовых карбонатных построек, 5 — межрифовых лагун, 6 — барьерного рифа, 7 — обломочного шлейфа, 8 — глубоководного бассейна, 9 — шельфа, 10 — толщи заполнения; отражающие границы: 1 — комплексов, 2 — внутри комплексов, 3 — размывы

сти разреза. Отложения характеризуются низкими коллекторскими свойствами. В скважине Овражная-100 выделяется 10 м коллекторов со сложной структурой порового пространства. На карте временной мощности комплекса зоне распространения депрессионных отложений соответствует область пониженных значений  $\Delta t$  — от 0,04 с и менее. Границы распространения сейсмofаций глубоководного бассейна показаны на рис. 2. Глубоководные отложения перекрываются более молодыми, нижнефаменскими комплексами заполнения глубоководного рельефа.

*Сейсмofации обломочного шлейфа* обозначают границу карбонатного шельфа и определяют переходную зону между карбонатами шельфа и отложениями глубоководного бассейна. Эта зона фиксируется морфологиче-

ски выраженным крутым склоном по кровле комплекса. На сейсмических разрезах фации обломочного шлейфа представлены сигмоидными, облекающими, прерывистыми, местами хаотическими отражениями с высокими амплитудами, переходящими в тангенциальные или прилегающие к бассейновому комплексу (см. рис. 1). Разрез обломочных отложений вскрыт скважинами лишь частично в краевых зонах Северо-Хоседаюского карбонатного массива.

В северной части площади на карте временной мощности комплекса выделяется обширная зона со значениями  $\Delta t$  до 0,24 с. Краевая часть ее контролируется линейно вытянутой областью резкого уменьшения временных мощностей северо-восточного простирання. В этой обширной зоне развиты сейсмо-



**Рис. 2. Схема строения Центральнохорейверской рифогенной зоны:**

сейсмофации: 1 — шельфовые, 2 — глубоководного бассейна; границы: 3 — развития рифогенных отложений раннего (а) и позднего (б) циклов седиментации, 4 — глубоководного бассейна, 5 — обломочного шлейфа; 6 — скважины: а — получены притоки воды, б — нефти, в — рекомендуемые; 7 — изогипсы

кровли комплекса, м; 8 — структуры по кровле пронизываемых карбонатов: 1 — Восточно-Ошкотинская, 2 — Северо-Ошкотинская, 3 — Западно-Сихорейская, 4 — Сихорейская, 5 — Верхнесихорейская, 6 — Западно-Хоседаюская, 7 — Северо-Хоседаюская, 8 — Восточно-Хоседаюская, 9 — Лапкотинская, 10 — Восточно-Лапкотинская, 11 — Восточно-Сихорейская, 12 — Северо-Сихорейская, 13 — Юньяха-Мусюрская; I-I', II-II' — профили

фации, типичные для области палеошельфа.

Сейсмофациям палеошельфа соответствуют горизонтальные, параллельные, выдержанные по площади, с незначительными изменениями амплитуд и фаз отражения (см. рис. 1). Аналогичной волновой картиной характеризуются сейсмофации межрифовых лагун. Области распространения сейсмофаций шельфа и межрифовых лагун объединены и показаны одной границей (см. рис. 2). Данные глубокого бурения в пределах этой зоны отсутствуют. По направлению к краевой зоне палеошельфа параллельные оси синфазности шельфовых сейсмофаций сменяются хаотической волновой картиной, типичной для рифовых сейсмофаций. По рисунку записи выделяются сейсмофации барьерного рифа и внутришельфовых карбонатных построек (см. рис. 1).

Сейсмофации внутришельфовых карбонатных построек — это довольно узкие зоны на временных разрезах с хаотическим распределением малоинтенсивных коротких осей синфазности, над которыми образуются перегибы по вышепротраживаемым отражающим горизонтам. Сейсмофации данного типа отмечаются на ограниченной площади. В пределах ее, в северной части Центральнохорейверского поднятия,

на карте временной мощности комплекса локализуются небольшие зоны с увеличенными значениями  $\Delta t$  до 0,2 с, которым по отражающему горизонту III f—fm<sub>1</sub> соответствуют локальные структуры, околотуренные изогипсой — 2980 м, — Восточно-Сихорейская, Северо-Сихорейская, Северо-Ошкотинская, Юньяха-Мусюрская. По данным скв. Южно-Сюрхаритинской-10, отложения комплекса представлены органическими (водорослевыми), кавернозными известняками, характерными для рифовых фаций.

Сейсмофации барьерного рифа выделяются по хаотическому резко асимметричному рисунку сейсмозаписи, хотя наблюдаются и упорядоченные оси синфазности, которые, по данным АК, отвечают границам раздела плотных и менее плотных разностей карбонатных пород. Частично регулярные отражения образуют клиноформный рисунок, отражающий дельтообразный характер напластований рифогенной толщи. По материалам АК рифогенные отложения выделяются высокими скоростями и наличием множества резких невыдержанных по площади акустических границ, обусловленных чередованием высокоскоростных (до 6,4 км/с) и менее скоростных (до 5,6 км/с) карбонатов. Данный тип сейсмофаций прослеживается в полосе увеличенных



временных мощностей вдоль всей рассмотренной Центральнохорейверской зоны. Разрез рифогенных отложений вскрыт скважинами Сихорейской-1, Восточно-Ошкотынской-4, Ошкотынской-42, Верхнесихорейской-10, Западно-Хоседаюской-3, Ошкотынской-42. Отложения комплекса характеризуются дифференцированной кривой КС (сопротивления 20—250 Ом·м и более) и низкими значениями естественной гамма-активности, что свидетельствует о незначительном количестве глинистой примеси в карбонатных породах. По немногочисленным описаниям керна, отложения представлены органогенными, кавернозными известняками, серыми, светло-серыми до белого, с прослоями известняков, крепких, плотных, слабодолмитизированных (степень долмитизации увеличивается вниз по разрезу).

В пределах депрессионной зоны выделена область распространения аномальной сейсмической записи, интерпретируемая нами как *сейсмофации карбонатной постройки*. Этот интервал отмечается хаотической волновой картиной, оси синфазности прослеживаются спорадически. В краевой части хаотическая запись сменяется клиноформной и появляются сейсмофации, характерные для обломочного шлейфа и глубоководного бассейна. На карте временной мощности комплекса данный тип сейсмофаций выделяется в пределах Северо-Хоседаюской площади в виде изометричной области увеличенных значений  $\Delta t$ . На кривых АК скважин этот интервал разреза фиксируется в целом высокими значениями скоростей и ритмичным чередованием низкоскоростных и высокоскоростных карбонатов, типичных для рифогенных отложений, представленных биогермными известняками.

Разнофациальный характер отложений комплекса обусловлен тем, что формирование в верхнедевонском бассейне протекало в неодинаковых палеогеоморфологических зонах: в северной части площади существовали условия мелководного шельфа, в пределах которого отлагались карбонатно-глинистые осадки, в южной преобладал глубоководный режим некомпенсированного осадконакопления, обусловленный существованием относительно глубоководной впадины. На границе глубоководной впадины с мел-

ководным шельфом формировались карбонатные постройки Центральнохорейверской барьерной системы с внешней и внутренней зонами. Во внешней, краевой зоне образовался риф барьерного типа. Во внутренней зоне системы барьера, в пределах локальных поднятий, существовали условия для развития внутришельфовых карбонатных построек. Участки мелкоморья с биогенным карбонатным осадконакоплением существовали также в области глубоководного бассейна (Северо-Хоседаюская площадь). Различные палеогеоморфологические зоны осадконакопления отражаются в современном структурном плане по кровле верхнефранских отложений ( $III\ f-fm_1$ ).

Корреляция основных типов разрезов и анализ сейсмофаций позволили уточнить условия формирования комплекса и выявить основные типы карбонатных построек. В депрессионной зоне выделяется Северо-Хоседаюский карбонатный массив (см. рис. 2). На структурном плане по отражающему горизонту  $III\ f-fm_1$  ему соответствует высокоамплитудная структура изометричной формы, размерами 8,5×9,5 км, с резкими крутыми склонами. На севере массив отделен от линейного барьера узким прогибом. В пределах структуры выделяются три купола: южный, северо-западный и северо-восточный. Карбонатный массив изучен наиболее полно: здесь пробурено девять поисковых и шесть разведочных скважин. Верхнефранские отложения представлены преимущественно чистыми карбонатными отложениями, в которых широко развиты органогенные разности. Нижняя часть разреза верхнефранских отложений в скважине Северо-Хоседаюской-1 сложена преимущественно массивными доломитами и известняками, светло-серыми, неравномерно пористыми. Породы в целом плотные и крепкие, но встречаются прослои выщелоченных известняков. Выше по разрезу отмечается сложное переслаивание известняков высокопористых органогенных мелоподобных с трещиноватыми массивными. Каверны наблюдаются как в плотных, так и в пористых разностях.

Завершается разрез верхнефранских отложений толщей чистых карбонатов с узорчатой текстурой. Последние включают основную залежь нефти



месторождения Северное Хоседаю, которая отнесена к типу массивно-сводовых с единым ВНК. Покрышкой является нижнефаменная глинисто-карбонатная толща, сложенная чередованием плотных и глинистых известняков с пластами глин толщиной 6—8 м. По результатам бурения и испытания скважин установлено неравномерное распределение коллекторов в рифовом массиве; дебиты скважин неравнозначны. В скв. 3, 33, 22 пласты-коллекторы вскрыты значительно глубже уровня ВНК и обводнены.

Наиболее сложное строение имеет краевая зона карбонатного массива. Здесь разрез скважин (1, 33 — Северное Хоседаю) представлен породами, образовавшимися в различных фациальных условиях (рифогенные известняки, шельфовые известняки, глинистые известняки шельфовых склонов, битуминозные породы в доманиковых фациях), что объясняется циклическим развитием рифовых тел на склонах более ранних образований. Максимальные мощности комплекса (около 770 м) предполагаются в краевых областях южного, северо-западного и северо-восточного куполов.

Для внутренней зоны барьерной системы характерны внутршельфовые карбонатные постройки. Одиночные, достаточно узкие постройки, развитые на локальных поднятиях в пределах шельфа, меняя простирание, сливаются с барьерным рифом в пределах Западно-Хоседаюской структуры. Карбонатный шельф с условиями седиментации, благоприятными для формирования органогенных построек, распространен к северу от района исследований. На Верхнеколвинской (скв. 60), Сюрхаратинской (скв. 1), Южно-Сюрхаратинской (скв. 10), Урернырдской (скв. 30) площадях верхнефранские отложения, представленные светло-серыми и белыми органогенными (водорослевыми) известняками, формируют органогенные постройки.

Внешняя зона Центральнорейверской барьерной системы — это крупная линейно вытянутая, узкая, асимметричная структура, пересекающая Рейверскую впадину в северо-восточном направлении и погружающаяся на юго-запад. Она имеет ширину 4—5 км и прослеживается в пределах площади исследований на протяжении 70 км. По отражающему горизонту

III f—fm<sub>1</sub> ей соответствует морфологически выраженная терраса северо-восточного простирания с крутым склоном, амплитуда которого составляет около 260 м. Террасе отвечает система линейно вытянутых асимметричных структур, характеризующих формы обложения карбонатных построек. В пределах зоны с северо-востока на юго-запад выделяются Лапкотынская, Восточно-Хоседаюская, Западно-Хоседаюская, Верхнесихорейская, Сихорейская, Западно-Сихорейская, Восточно-Ошкотынская структуры. В этом же направлении наблюдается увеличение мощности барьера от 600 м (Лапкотынская структура) до 754 м (Восточно-Ошкотынская, скв. 4).

Развитие Центральнорейверской барьерной системы в позднефранское время было циклическим. Границы циклов рифообразования разделены пачками мергелей или глинистых известняков незначительной мощности (1—5 м) и наиболее уверенно прослеживаются в области шельфа и межрифовых лагун. Циклическое строение комплекса подтверждается материалами сейсморазведки. На временных разрезах мгновенных фаз и ПАК выделяются до пяти и более циклов. По мере омоложения циклов наблюдается сокращение площади рифообразования и смещение ее в направлении краевой зоны барьера. Регрессивное смещение рифовых фаций подтверждается данными скв. 1, 10, 4, 42, пробуренных в пределах зоны и вскрывших разнофациальные отложения в интервалах разновозрастных циклов. В скважинах Сихорейской-1, Восточно-Ошкотынской-4 и Восточно-Ошкотынской-2, находящихся на разных удалениях от краевой зоны (0,25 км, 0,75 км, 3 км соответственно) наблюдается закономерное, регрессивное смещение зоны развития коллекторов к краевой части барьера, в пределах которой кровля проницаемых карбонатов занимает на более высокое гипсометрическое положение (см. рис. 2).

Наиболее широко (4—5 км) развита зона рифообразования раннего цикла. В последующих циклах она сужается, во внутренней зоне барьерной системы формируется межрифовая лагуна, отделяющая цепочку внутршельфовых построек от барьера. Площадь накопления шельфовых карбонатов расширяется, плотные известня-

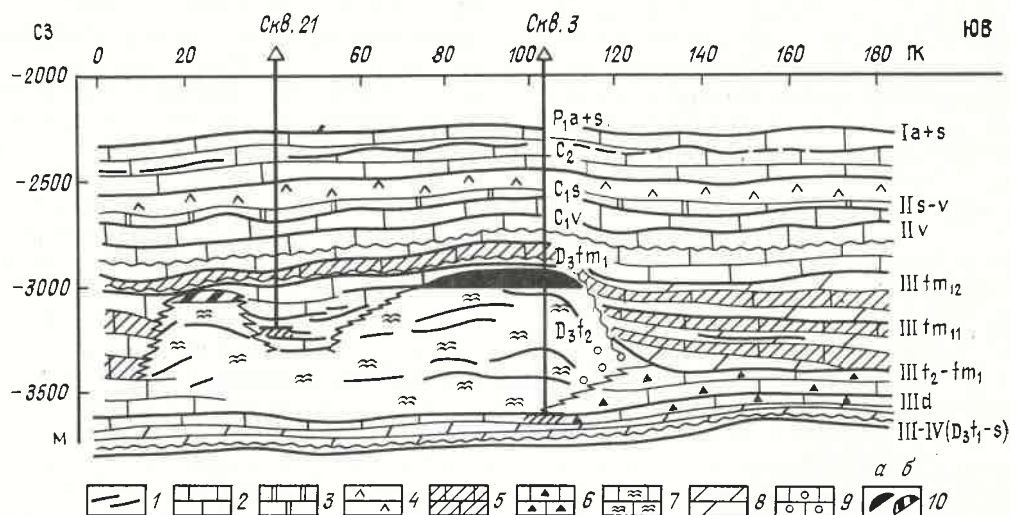


Рис. 3. Сейсмогеологический разрез вкрест простирания Центральнохорейверской барьерной зоны по профилю I—I:

1 — отражающие горизонты; 2 — известняки; 3 — до-

ломиты; 4 — ангидриты; 5 — глинистый известняк; 6 — битуминозные известняки; 7 — биогермные известняки; 8 — мергель; 9 — обломочные известняки; 10 — залежи нефти: а — установленные, б — предполагаемые

ки шельфовых фаций с тонкими (1—2 м) прослоями аргиллитов мощностью 40—50 м вскрыты в кровле верхнефранских отложений Сихорейской-1, Восточно-Ошкотынскими-2, 4 и Верхнесихорейской-10 скважинами. Зона рифообразования позднего цикла прослеживается узкой полосой вдоль краевой части барьера, что, возможно, обусловлено ее разрывом. Наиболее глубокий разрыв характерен для поздних циклов. На разрезах ПАК и коротажных диаграммах корреляция промежуточных циклов затруднена, наиболее уверенно выделяются и прослеживаются ранний и поздний циклы рифообразования (см. рис. 2).

К позднему циклу рифообразования приурочены залежи нефти в пределах Западно-Хоседаюской, Верхнесихорейской и Сихорейской структур (рис. 3). Толща продуктивных карбонатов сложена известняками, светло-серыми с коричневатым оттенком, плотными, крепкими, участками кавернозными, встречаются светло-серые разности до белых, кавернозно-пористых. Притоки нефти получены в скв. 1, 3, 9, 10. По предварительным данным уровень ВНК единый — на отметке —2980 м. В скв. 2, 4 (Восточно-Ошкотынская структура) пласты-коллекторы вскрыты значительно глубже уровня ВНК и обводнены.

Уточненная по результатам сейсмо-стратиграфического анализа модель

строения комплекса легла в основу прогноза зоны развития коллекторов и перспективных объектов. Акустические особенности кровли проницаемых карбонатов продуктивного цикла и динамические характеристики отражений в пределах этого интервала наглядно иллюстрируются при сопоставлении коротажной диаграммы по Западно-Хоседаюской-3 скважине во временном масштабе и сейсмического разреза по профилю I—I. В верхней части интервала первая, несколько ослабленная фаза — отражающий горизонт III fm<sub>12</sub> — отождествляется с кровлей нижнефамских карбонатных отложений, которые отмечаются повышенными по сравнению с вышелегающими значениями акустических скоростей. Ниже, на 0,015—0,02 с, прослеживается вторая, более интенсивная фаза (III f—fm<sub>1</sub>), отождествляемая с кровлей верхнефранских отложений, характеризующихся более высокими значениями скоростей.

Переход положительной фазы отражения III f—fm<sub>1</sub> в отрицательную принят за кровлю проницаемых известняков. Далее вниз по временному разрезу прослеживается интенсивный минимум, отождествляемый с основной зоной развития коллекторов, которая в поле акустических скоростей отображается значительно пониженными скоростями. Временная мощность от горизонта III f—fm<sub>1</sub> до по-

дошвы коллекторов по всем разрезам, секущим вкрест простирания зону барьерного рифа, уменьшается в сторону шельфа. В этом же направлении ослабевает интенсивность отрицательной фазы, связанной с зоной развития коллекторов. Практически она исчезает, запись становится высокочастотной, что отражает замещение рифогенных карбонатов плотными шельфовыми фациями.

Детальный анализ сейсмической записи в пределах продуктивного цикла позволил выполнить структурные построения по кровле проницаемых карбонатов, а также наметить зону замещения рифовых фаций на шельфовые. Рифовый барьер по кровле проницаемых карбонатов осложнен цепочкой локальных структур: наиболее высокое гипсометрическое положение занимает Западно-Хоседаюнская, наиболее низкое — Лапкотынская. Зона развития рифогенных известняков верхнего цикла прослеживается вдоль барьера полосой, ширина которой меняется от 1 км на Западно-Сихорейской структуре до 3—5 км на Западно-Хоседаюнской.

На основе совместного анализа структурного плана кровли проницаемых карбонатов продуктивного цикла и результатов опробования скважин оконтурены установленные по данным бурения залежи, а также намечены перспективные объекты. С учетом установленного уровня ВНК плановое положение залежей нефти Западно-Хоседаюнской, Верхнесихорейской и Сихорейской структур контролируется изогипсой — 2980 м. Наличие залежей предполагается на Северном куполе Восточно-Ошкотынской, в Западно-Сихорейской, Восточно-Хоседаюнской и Лапкотынской структурах. К северу от площади работ, в области карбонатного палеошельфа залежи нефти в верхнефранских рифогенных отложениях выявлены на Южно-Сюрхаратинской и Урернырдской структурах.

Для залежей в области карбонатного шельфа характерны незначительные размеры и различные уровни ВНК. Нефтенасыщенные известняки перекрываются карбонатно-глинистыми отложениями позднефаменского возраста. В этой области поисковый интерес представляют системы одиночных построек: Северо-Ошкотынская, Северо-Сихорейская, Юньяха-

Мусюрская, Западный и Восточный купол Восточно-Сихорейской структуры.

Таким образом, можно сделать следующие основные выводы о геологическом строении и нефтегазоносности Центральнорейверской барьерной системы.

1. Формирование барьерной системы обусловлено существованием различных палеогеографических зон осадконакопления в пределах позднедевонского палеобассейна (от глубоководной до шельфовой — мелководной).

2. Границы палеогеографических зон контролировали области развития карбонатных построек различного типа: во внешней, краевой зоне палеошельфа формировался риф барьерного типа, во внутренней зоне, на локальных поднятиях существовали условия для развития внутришельфовых карбонатных построек. Участки мелководья с биогенным карбонатным осадконакоплением имелись в области глубоководного бассейна.

3. Различные палеогеографические зоны осадконакопления отражены в морфологии современного структурного плана по кровле верхнефранских отложений (III f—fm<sub>1</sub>), на карте временной мощности комплекса, в сейсмических волновых полях, что создает возможность их картирования.

4. Установлено полициклическое строение верхнедевонского комплекса. По мере омоложения циклов отмечаются сокращение площади рифообразования и ее регрессивное смещение в направлении краевой зоны барьера, в пределах которой кровля проницаемых карбонатов занимает наиболее высокое гипсометрическое положение.

5. Нефтеперспективны карбонатные постройки внешней зоны барьерной системы, внутришельфовые карбонатные постройки и одиночные рифы, развитые в пределах глубоководного бассейна.

Выполненные исследования позволили уточнить геологическую модель строения Центральнорейверской системы барьерного рифа и на этой основе дать рекомендации по размещению скважин, необходимые для более целенаправленного ориентирования дальнейших поисков и разведки залежей углеводородов как в краевой части барьерной системы, так и во внутренней (см. рис. 2).



Предлагается начать изучение глубоким бурением склоновых сейсмофаций барьерной системы, в которых возможно наличие залежей углеводородов в обломочных известняках и доломитовых отложениях подобно обнаруженным в аналогичных геологических условиях на Баганской площади. Рекомендуются проведение детализационных исследований на западном продолжении Центральнохорейверской барьерной системы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грачевский М. М., Соломатин А. В. Потенциально нефтегазоносные верхнедевонские барьерные рифы Тимано-Печорской провинции//Докл. АН СССР. 1977. Т. 232. № 4. С. 875—878.

2. Опыт применения методики прогнозирования геологического разреза в условиях Тимано-Печорской провинции//В. С. Парасына, С. Л. Федотов, В. В. Васильев и др.//Экспресс-информация ВИЭМС. Сер. Разведочная геофизика. 1987. Вып. 5. С. 7—15.
3. Парасына В. С., Соломатин А. В. Применение сейсморазведки при поисках рифовых ловушек в Тимано-Печорской провинции: Обзор. Сер. Разведочная геофизика.— М.: ВИЭМС, 1987.
4. Парасына В. С., Соломатин А. В. Опыт выделения сейсмофаций ухтинского барьерного рифа на Хорейверской площади//Экспресс-информация ВИЭМС. Сер. Разведочная геофизика. 1986. Вып. 4. С. 21—26.
5. Соломатин А. В., Парасына В. С. Верхнедевонские локальные рифы Тимано-Печорской провинции//Сов. геология. 1989. № 3. С. 40—45.

Принята редколлегией 29 декабря 1989 г.

## ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 55 : 577.4

© Я. И. Зарубинский, 1991

### Основы мониторинга геологической среды в зонах воздействия угледобывающих предприятий

Я. И. ЗАРУБинский (ВНИГРИуголь)

Горнодобывающая промышленность как один из видов хозяйственной деятельности человека оказывает весьма активное и разностороннее воздействие на окружающую, преимущественно геологическую, среду [3].

Кузнецкий бассейн по разнообразию геологического строения, интенсивности тектонической нарушенности, огромным запасам угля, широкому диапазону мощностей угольных пластов (0,3—30 м), высокому качеству угля при сравнительно благоприятных горно-геологических условиях представляется уникальным. Все это обусловило интенсивное развитие угледобычи в бассейне, которая составляла, млн т: в 1927—1928 гг. 2,5; в 1950 г. 36,8; в 1970 г. 109,8; в 1987 г. 140, из них 58,6 млн т (41,9 %) добыто открытым способом.

С 1931 г. по 1988 г. в бассейне введены в эксплуатацию 79 шахт и 21 уг-

леразрез. С ростом угледобычи увеличивалась нагрузка на геологическую среду, вызвавшая весьма существенные, зачастую практически необратимые нарушения экологической обстановки. Нарушения геологической среды связаны как непосредственно с угледобычей, так и с сопутствующими ей процессами: откачкой воды и дегазацией выработок, формированием породных отвалов, устройством прудов-отстойников шахтных вод, отводом рек, ликвидацией или созданием водоемов, обогащением угля и др. Угледобывающим предприятиям Кузбасса выделено около 93,4 тыс. га земель, из которых около 53,4 тыс. га уже нарушены горными работами, находятся под отвалами и отстойниками.

Ниже приведены основные природные факторы, определяющие характер и интенсивность изменения геологической среды в зоне влияния угледобывающих предприятий.

*Физико-географические условия*

**Рельеф**

Равнинный, расчленение до 10 м; холмисто-увалистый, расчленение 10—75 м; горный, возвышенный и среднегорный с глубиной расчленения до 200—300 м. Протяженность рек 0,2—0,4, 0,4—0,8 км на 1 км<sup>2</sup> площади

**Гидрография** (густота речной сети)

Ландшафт  
Климат

Степь, лесостепь, лес  
Резкоконтинентальный с разной степенью увлажнения; годовая сумма осадков менее 400, 400—600, более 600 мм

### Геологическое строение

Наличие и мощность рыхлых покровных отложений

Гранулометрический состав рыхлых покровных отложений

Условия залегания угленосной толщи

Тектоническая нарушенность

Глубина залегания угольных пластов

Мощность угольных пластов

Покровные отложения отсутствуют или имеют мощность менее 5,5—15, более 15 м

Глины, суглинки; супеси, пески; гравелиты, галечники

Горизонтальное и слабонаклонное; складчатое, брахискладчатое; крутое

Ненарушенное, слабонарушенное, интенсивно нарушенное строение

Менее 100, 100—300, более 300 м

Тонкие — менее 1,3 м, средней мощности — 1,3—3,5 м, мощные — 3,5—15 м, весьма мощные — более 15 м

### Гидрогеологические условия

Взаимосвязь подземных вод с поверхностными и атмосферными

Геофильтрационная схема

Активная, затрудненная, практически отсутствует

Открытая многопластовая водоносная система с выходами водоносных горизонтов на земную поверхность; многопластовая водоносная система, перекрытая водоупорными породами; многопластовая водоносная система, перекрытая переслаивающимися водоносными и водоупорными породами

Водоупорные и слабоводопроницаемые с коэффициентом фильтрации ( $K_f$ ) менее 0,1 м/сут; слабо- и средневодопроницаемые с  $K_f$  0,1—5 м/сут; высоководопроницаемые с  $K_f$  более 5 м/сут

Менее 1 г/л (пресные), 1—3 г/л (слабосоленоватые), 3—10 г/л (солончатые), 10—50 г/л (соленые)

Фiltrационные свойства углевмещающих пород

Минерализация подземных вод

### Инженерно-геологические условия

Пластичность пород

Набухаемость, размокаемость пород

Трещиноватость пород

Прочность углевмещающих пород на сжатие (по Б. В. Смирнову и др., 1984)

0, 0—7, 7—17, более 17

Ненабухаемые и неразмокаемые, слабонабухаемые, сильнонабухаемые

Нетрещиноватые, слаботрещиноватые, интенсивно трещиноватые

На глубинах до 100 м 63,1—148,4 МПа (песчаники), 32—64,3 МПа (алевролиты); на глубинах более 300 м 70—98,6 МПа (песчаники), 54,8—68,7 МПа (алевролиты)

В зоне воздействия угледобывающих предприятий нарушения геологической среды обусловлены механическими, тепловыми, гидравлическими, газовыми, физико-химическими и химическими процессами. Механические нарушения связаны с извлечением из недр и перемещением огромных масс пород и угля, образованием выемок (котлованов), пустот, провалов и оседаний земной поверхности, трещин обрушения (сдвигения), оползней, а также накоплением пород в отвалах.

Для подземной разработки крутопадающих пластов характерны широкие (до 70 м) и глубокие (до 20 м и более) каньонообразные провалы земной поверхности, имеющие значительную протяженность по простиранию пластов. При пологозалегавших пластах оседания более плавные и их последствия менее значительны. Трещины и оседания обычно образуются одновременно, приводя в непригодное состоя-

ние земельные участки, вызывая разрушения жилых и производственных объектов. При открытых горных работах техногенные трещины возникают в основном на бортах разрезов и отвалов, вызывая техногенные оползни. Большой ущерб наносят оползни на отвалах, расположенных у хозяйственных объектов, затрудняя эксплуатацию дорог, угрожая разрушением линий электропередач, перекрывая выходы угольных пластов.

Горные работы, особенно открытые, неизбежно сопровождаются уничтожением почвенного слоя и перемещением на поверхность малопригодных для освоения растительностью пород. Образующиеся при разработке месторождений породные отвалы могут иметь коническую, хребтовую или плоскую форму, различную высоту, площадь и объем пород. Суммарная площадь, занимаемая 174 отвалами Кузбасса (в т. ч. 38 горящих), составляет по дан-

ным ВНИИОСуголь на 1983 г. около 1030 га, а объем пород в отвалах — около 4,2 млрд м<sup>3</sup>. При определенных условиях породы отвалов самовозгораются. При этом в атмосферу извергается большое количество токсичных газов, мг/м<sup>3</sup> воздуха: окись углерода до 875, сернистый газ до 34,8. Повышенная температура и скопление газов с высоким давлением внутри отвала нередко приводят к взрывам, сопровождающимся выбросами газов и обломков горящих пород.

При эксплуатации угольных месторождений существенно нарушается тепловой режим массива горных пород: температура пород на контурах выработок приближается к температуре шахтной или окружающей атмосферы при открытой разработке. Повышение температуры, происходящее под воздействием сложных физико-химических процессов, нередко приводит к самовозгоранию угля как в естественном залегании, так и в отвалах. Самовозгорание в естественных условиях сопровождается обжигом вмещающих пород, образованием провалных воронок на поверхности и макropористой обожженной массы — горельников, которые прослеживаются до глубины 150—200 м и вдоль выхода угольного пласта на протяжении до 2,5 км.

Постоянная и длительная (в течение десятилетий) откачка воды из горных выработок и дренажных систем является основной причиной нарушений гидравлического режима территории. Суммарное количество воды, откачиваемое из шахт и разрезов Кузбасса, составляет в среднем 40—45 тыс. м<sup>3</sup>/ч. Водоприток в отдельные шахты и разрезы колеблется от первых десятков до 2000—3000 м<sup>3</sup>/ч. Более 80 % шахт и около 95 % углеразрезов работают при водопритоках до 500 м<sup>3</sup>/ч и лишь 3—4 % шахт имеют водоприток более 1000 м<sup>3</sup>/ч. Откачка воды из шахт и разрезов сопровождается понижением уровня или напора, изменением направления потока и образованием депрессии подземных вод вокруг каждой горной выработки. Локальные депрессии часто объединяются в единую региональную депрессионную воронку, что наблюдается в Прокопьевско-Киселевском, Ленинском и других районах. При приближении горных выработок к руслам рек значительная часть шахтного водопритока фор-

мируется за счет речных и аллювиальных вод (шахты «Кузнецкая», «Октябрьская», имени Кирова, имени 7 ноября и др.).

На территории Кузбасса имеется множество водозаборов подземных вод. Наиболее крупные — Абашевский, Левобережный, Уропский — позволяют получать по 20—25 тыс. м<sup>3</sup> питьевой воды в сутки. Вокруг этих водозаборов также образовались депрессионные воронки.

В результате горных работ нарушается сплошность угольных пластов и углеводородных пород, в связи с чем в них изменяются давление и объем газа. При этом происходит выделение газов (преимущественно метана) из угля и углеводородных пород разрабатываемых и смежных пластов. Наибольшие осложнения приносят внезапные выбросы угля и газа, обусловленные потенциальной энергией газа, горным давлением, физико-механическими свойствами выбросоопасных пластов и гравитационными силами [1]. Содержание метана увеличивается с глубиной залегания и по мере повышения степени метаморфизма углей и снижается с возрастанием температуры. Газоносность изменяется от нулевого значения вблизи земной поверхности до 10 и 30 м<sup>3</sup>/т на глубине 200 и 300 м и более соответственно для газовых и тощих углей.

Подземные воды, поступающие в шахты и разрезы, соприкасаются с раздробленными породами, углем и рудничной атмосферой, обогащаются минеральными веществами, угольной пылью, маслами, нефтепродуктами, растворяют содержащиеся в породах соли, в результате чего их химический состав и свойства нередко изменяются. В Кузнецком бассейне обычно до глубины 100—150 м распространены пресные гидрокарбонатные кальциевые, кальциево-магниевые и кальциево-натриевые воды [2]. На площадях с пологим залеганием верхнепермских отложений мощность зоны пресных вод не превышает 50 м, а в районах действующих шахт она достигает 200—300 м и более. На глубинах от 150—180 до 600—800 м повсеместно отмечаются мягкие гидрокарбонатные натриевые воды с минерализацией от 0,6—1 г/л в верхних горизонтах до 1,5—2, иногда до 4—6 г/л в нижних.



В зоне весьма замедленного водообмена, т. е. на глубинах 800—2500 м распространены соленые воды хлоридно-гидрокарбонатного натриевого состава с минерализацией до 35 г/л. На глубине 100—160 м реакция воды близка к нейтральной (рН 6—7,2).

Загрязненные шахтные воды содержат взвешенные частицы в количестве от 140—230 мг/л в северо-восточной части бассейна до 671—1331, иногда до 2330—3890 мг/л в западной и юго-восточной. Они отличаются повышенной относительно подземных вод минерализацией, нейтральной или слабощелочной реакцией (рН 7—8,6).

После некоторой очистки от механических примесей шахтные воды сбрасываются в открытые водотоки, существенно загрязняя их. Так, в пробах из р. Томь у г. Новокузнецка содержа-

ния аммонийного азота (1,60 мг/л), нефтепродуктов (2,58 мг/л), фенолов (0,011 мг/л), меди (0,013 мг/л) во много раз превышают предельно допустимые концентрации. Реакция воды на всем протяжении рек Томь, Иня, Кондома, Аба, Уса нейтральная или слабощелочная (рН 7—8,5) и очень редко опускается до значений 6,7—6,9.

Осушение территории вместе с запыленностью и загазованностью атмосферы, загрязнением почв, поверхностных и подземных вод ведет к снижению урожайности и ухудшению качества сельскохозяйственной продукции, гибели лесных массивов, падению продуктивности скота, росту заболеваемости людей и животных.

Ниже приведена характеристика источников и последствий нарушения геологической среды.

| Источники                                                                                        | Последствия                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Углеразведочные, гидрогеологические, инженерно-геологические, водозаборные, технические скважины | Загрязнение почвы и грунтовых вод под буровой установкой, изменение уровня и химического состава воды вследствие перелива из одного водоносного горизонта в другой, загрязнение подземных вод буровым раствором                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Опытные откачки и самоизлив воды (пресной или соленой) из скважины                               | Кратковременное снижение уровня подземных вод, заболачивание территории, засоление почв, увеличение минерализации грунтовых и поверхностных вод                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Действующие шахты, углеразрезы                                                                   | Извлечение и перемещение огромных масс породы и угля, образование подземных пустот, оседание земной поверхности, возникновение трещин и провалов на подработанной площади или больших выемок (котлованов) при открытой разработке, формирование породных отвалов, ликвидация водоносных пород на площади разреза, снижение уровней (напоров), осушение водоносных горизонтов, нарушение режима поверхностного стока, развитие депрессии подземных вод вокруг шахт и разрезов, нарушение режима питания и разгрузки подземных вод, формирование оползней на откосах углеразрезов, формирование шахтных (карьерных) вод, загрязнение шахтными (карьерными) водами поверхностных и подземных вод, заболачивание, подтопление и затопление территории вследствие оседания массива над выработанным пространством шахт, дегазация угольных пластов и углевмещающих пород, загрязнение атмосферы газами, выносимыми из шахты (разреза) вентиляционной струей |
| Осушительные системы                                                                             | Интенсивное снижение уровня подземных вод, осушение водоносных горизонтов, развитие депрессии подземных вод, изменение химического состава и повышение минерализации дренажных вод в результате «подтягивания» вод из более глубоких горизонтов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Породные отвалы                                                                                  | Изменение рельефа территории, подъем уровня грунтовых вод вблизи отвалов, подтопление и заболачивание местности, заболачивание территории из-за нарушения поверхностного стока, изменение химического состава и минерализации подземных вод инфильтрующимися водами, стекающими с поверхности отвала, загрязнение атмосферы газами и пылью, особенно при горении пород отвалов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Пруды-накопители сточных вод                                                                     | Подъем уровня грунтовых и подземных вод, изменение минерализации и химического состава грунтовых вод вблизи пруда-накопителя                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

Обогащительные фабрики и шламоотстойники (шламонакопители)

Водозаборы подземных вод

Погашенные (законсервированные) шахты и разрезы

Формирование шламонакопителей, подъем уровня и загрязнение грунтовых вод вблизи обогащательной фабрики вследствие утечек воды из технологических систем, подъем уровня и загрязнение грунтовых вод у шламонакопителей

Снижение уровня подземных вод, формирование депрессионной воронки вокруг водозаборов, изменение химического состава и минерализации воды, оседание земной поверхности в пределах депрессионной воронки

Образование искусственного открытого или подземного водоема при затоплении соответственно разреза или шахты, интенсификация оползневых процессов на бортах разрезов, проседаний и провалов над выработанным пространством шахт, подъем уровня подземных вод при затоплении шахты, разреза

Информацию о состоянии геологической среды можно получить с помощью регламентированных наземных наблюдений на специально оборудованных пунктах и дистанционных (аэрокосмических) методов исследований. Основой мониторинга геологической среды являются результаты регулярных режимных наблюдений за изменениями, происходящими в литосфере под воздействием угледобывающих и сопутствующих им предприятий.

При размещении сети режимных наблюдений необходимо учитывать: вид объекта наблюдений, интенсивность техногенного воздействия, форму и размер площади, на которой отмечаются изменения геологической среды, природную обстановку, детальность исследований. Режимные наблюдения должны проводиться для решения задач на трех уровнях детальности: региональном, охватывающем весь регион (Кузбасский полигон); локальном, отражающем состояние и изменения геологической среды на полигонных участках; детальном, характеризующем изменения природной обстановки вблизи шахты, углераза, обогащательной фабрики, пруда-накопителя сточных вод и др.

Размещение сети режимных наблюдений в районах разработки угольных месторождений определяется задачами наблюдений и зависит от многих природных и технологических факторов. Основными задачами исследования режима подземных вод в районах разработки твердых полезных ископаемых являются [4, 5; Д. И. Пересушко, 1968]: выявление закономерностей формирования режима подземных вод и установление связей между отдельными элементами режима; изучение закономерностей изменения уровней

(напоров) подземных вод и формирования депрессионных воронок; составление прогнозов водопритоков и их изменений в связи с сезонными особенностями, углублением и расширением горных выработок, приближением их к открытым водотокам и водоемам, обводненным тектоническим нарушениям; прогноз изменений химического состава и свойств шахтных (карьерных) вод.

К природным факторам, определяющим размещение сети режимных наблюдений, относятся: орографические и климатические условия; структура и геологическое строение месторождения и района; тектоническая нарушенность массива; инженерно-геологические условия. Технологическими факторами являются: источник техногенного нарушения и изменения природной среды (скважина, шахта и др.); способ разработки (открытый, подземный); количество и качество воды, откачиваемой из горных выработок и водозаборов.

При формировании сети режимных наблюдений следует исходить из следующих принципов: 1) охват регулярными наблюдениями водоносных горизонтов, участвующих в обводнении горных выработок; 2) обеспечение фиксации изменения уровня, химизма и температуры подземных вод водоносных горизонтов, участвующих в обводнении горных выработок, на разных расстояниях от шахты и разреза, а также поверхностных вод, в которые сбрасываются шахтные воды; 3) обеспечение регулярных наблюдений за общим водопритоком в шахты, углеразы по глубинам разработки, эксплуатационным горизонтам, крыльям шахты, угольным пластам с замерами температуры и отбором проб воды на химический анализ; 4) обеспе-

чение регулярных наблюдений за изменением земной поверхности шахтного (карьерного) поля, временем образования, формой и размерами провальных воронок, трещин и др., а также за состоянием жилых и производственных зданий и сооружений, расположенных вблизи объекта наблюдений.

При создании сети режимных наблюдений около породных отвалов, прудов-накопителей шахтных вод, обогатительных фабрик, шламонакопителей следует руководствоваться принципами охвата наблюдениями всех водоносных горизонтов и поверхностных вод, на которые распространится воздействие перечисленных объектов. При размещении сети скважин необходимо учитывать рельеф, наличие поверхностных вод, геологическое строение, стратиграфическую и литологическую принадлежность пород, тектоническую нарушенность, количество и взаиморасположение водоносных и водоупорных горизонтов и другие факторы.

Наблюдения за изменениями геологической среды должны отражать колебания уровня (напоров), температуры, расхода и химического состава подземных вод и поверхностных водотоков, состояние земной поверхности и массивов горных пород на шахтных (карьерных) полях и за их пределами. Наблюдения за уровнем подземных вод обычно производятся 1—2 раза в месяц, в период паводков — до 3—5 раз в месяц, в зимнее время — 1—2 раза в 2—3 месяца. Наблюдения за уровнем грунтовых вод в зонах влияния породных отвалов, прудов-накопителей шахтных вод, шламохранилищ ограничиваются одним — двумя замерами в 2—3 месяца и реже. Пробы воды для химических и бактериологических анализов в первый год наблюдений отбираются по сезонам, в последующем 1—2 раза в год.

Наблюдения за уровнем, расходом рек и температурой воды ведутся зимой 1 раз в месяц и реже, весной — каждый 5—10 дней, в паводок — ежедневно. Наблюдения за водопитоками в шахты и разрезы производятся обычно 1 раз в месяц, при стабильном водопитоке — 1 раз в квартал, при вскрытии новых горизонтов и обводненных зон, в период паводков замеры учащаются до 5—10 в месяц, а при необходимости выполняются ежедневно.

Нарушения геологической среды при

разведочных работах связаны с устройством подъездных дорог к выработкам, установкой бурового агрегата и подшахтных строений, а также с проходкой скважин и т. п. Необходимо соблюдать действующие нормы и требования, обеспечивающие минимальные нарушения и последующее восстановление (рекультивацию) среды. В процессе разведочных работ создается сеть режимных наблюдений, которая является первым (начальным) этапом мониторинга. Получаемые при этом материалы позволяют охарактеризовать изменения геологической среды, происходящие под влиянием естественных факторов.

При организации режимных наблюдений в районе вновь строящихся горнодобывающих предприятий необходимо учитывать основные проектные решения: способ отработки (открытый, подземный), местоположение и параметры разрезной траншеи или шахтных стволов, последовательность и глубину разработки угольных пластов, методы осушения месторождения и борьбы с водопитоками в горные выработки и др. Сеть режимных наблюдений за изменением уровня подземных вод закладывается до начала строительства разрезной траншеи или стволов шахты.

Наблюдения за изменением геологической среды в период эксплуатации месторождения производятся по ранее созданной сети. С расширением и углублением горных работ развивается и сеть наблюдений, позволяющая устанавливать пределы дренажного влияния водоотлива из горных выработок на действующие и проектируемые водозаборы подземных вод, а также степень участия поверхностных вод в водопитоках в шахты (разрезы).

Кроме того, формируется сеть наблюдений вблизи отвалов, шламонакопителей, прудов-отстойников шахтных вод, обогатительных фабрик. При необходимости создаются наблюдательные посты на реках, в которые сбрасываются сточные воды шахт, оползневых откосах разрезов, площадях оседания земной поверхности над выработанным пространством и др. Частота замеров водопитока устанавливается в зависимости от его изменчивости, а также скорости проходки горных выработок. Пробы воды для изучения химического состава отбираются из



каждого вновь вскрытого водоносного горизонта.

Для наблюдений за изменением земной поверхности целесообразно регулярно, 1—2 раза в квартал, проводить маршрутное визуальное обследование и 1—2 раза в год — инструментальную съемку шахтного (карьерного) поля. При оползневых процессах на бортах углеразрезов (наиболее крупных) целесообразно проводить регулярные визуальные наблюдения и, при необходимости, инструментальные замеры горизонтальных и вертикальных подвижек оползневого массива.

После отработки запасов угля шахта (разрез) консервируется. Вместе с прекращением горнодобычных работ обычно прекращается откачка воды. При необходимости поддержания уровня подземных вод, обеспечивающего нормальную работу соседних горнодобывающих предприятий и исключающего подтопление городских территорий, промышленных предприятий, сельскохозяйственных и лесных угодий, откачка воды может продолжаться. В этом случае комплекс наблюдений за изменениями геологической среды остается таким же, как и при эксплуатации.

В случае прекращения откачки воды начинается заполнение выработок шахты (выемки разреза), образуется техногенный водоем, повышается уровень подземных (грунтовых) вод. Наблюдения за изменением уровня вод ведутся по сети скважин, сформированной в период эксплуатации. Частота наблюдений определяется скоростью подъема уровня воды и в первые месяцы после прекращения откачки воды из шахты (разреза) может составить 3—5, в последующем 1—2 наблюдения в месяц и реже.

В результате затопления горных выработок обычно интенсифицируются оседания и провалы, усиливается оползневая деятельность на бортах разрезов. Наблюдения за этими явлениями производятся путем маршрутных обследований шахтного (карьерного) поля и при необходимости с помощью инструментальной съемки. Все наблюдения ведутся до полной стабилизации уровня подземных вод и прекращения техногенных изменений.

Для изучения геологической среды широко применяются дистанционные (аэрокосмические) методы исследова-

ний, преимуществами которых являются объективность, оперативность получения информации, большая обзорность и генерализация ландшафтов. Б. В. Смирновым [6] на основе дешифрирования и интерпретации аэрокосмических фотоснимков выявлен ряд существенных изменений геологической среды в Кузбассе, вызванных действующими шахтами и разрезами. Так, открытые горные разработки отчетливо распознаются на космических снимках благодаря яркому изображению более светлоокрашенных подстилающих пород, вскрытых разрезами.

Сопоставление отдешифрированных космических снимков территории, на которой ведутся открытые разработки с топографическими картами, составленными до начала работ, позволяет проследить динамику увеличения площадей, нарушенных открытыми работами. В процессе последних происходит существенная переработка речной сети. Сравнение материалов аэрофотосъемок разных лет между собой и с топографическими картами [6] дает возможность оценивать техногенное воздействие углеразрезов на протяженность, характер распределения и видоизменения речной сети.

Интерпретация аэрофотоснимков полей действующих шахт в масштабе 1:25 000—1:50 000 позволяет выявлять по светлому фототону форму, размер и расположение мульд оседания, а по темному, почти черному — наличие в них воды (увлажнение). Достоверность дешифрирования подтверждается планами горных работ. Сопоставление отдешифрированных аэрофотоснимков с последними позволяет также установить скорость образования мульд оседания после завершения очистных работ.

Дешифрирование аэрофотоснимков позволяет определять степень загрязнения водоемов взвешенным породным материалом [6]. Взвешенные в воде вещества обуславливают ее отражательные свойства. Сильно загрязненные воды на черно-белых аэрофотоснимках выделяются по ярко-светлому (белому) фототону, слабоочищенные — серому, чистые — темно-серому, до черного. Кроме того, тепловая ИК-съемка способствует обнаружению горящих отвалов и подземных пожаров. Поскольку с помощью ИК-съемки фиксируются изменения температуры

в пределах 0,5 °С, появляется возможность не только регистрировать участки пожаров, но и устанавливать места их возможного проявления.

Наземные и дистанционные исследования хорошо дополняют друг друга, позволяют объективно, оперативно и более полно охарактеризовать состояние и изменения геологической среды изучаемой территории.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Газоносность угольных бассейнов и месторождений СССР/Под ред. А. И. Кравцова.— М.: Недра, 1980. Т. 3.
2. Гидрогеология СССР. Кемеровская область и Алтайский край/Под ред. А. В. Сидоренко.— М.: Недра, 1972. Т. XVII.
3. Зарубинский Я. И. Основы контроля и прогноза изменений геологической среды в зонах воздействия угледобывающих пред-

приятий. Прогноз и контроль геологической среды в районах освоения месторождений твердых горючих ископаемых//Тр. Мингео СССР, ВНИГРИ. Уголь. 1989. С. 20—26.

4. Коноплянцев А. А., Семенов С. М. Изучение, прогноз и картирование режима подземных вод.— М.: Недра, 1979.
5. Кюнцель В. В., Постоев Г. П. Наблюдательная сеть в системе мониторинга экзогенных геологических процессов. Мониторинг экзогенных геологических процессов//Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. семинара, Ташкент, 10—12 июня 1986 г. М., 1986. С. 64—65.
6. Смирнов Б. В., Малая А. Г., Артюхина О. И. О возможности контроля изменений геологической среды в зонах влияния шахт и углеразрезов Кузбасса на основе использования аэрокосмических материалов. Прогноз и контроль геологической среды в районах освоения месторождений твердых горючих ископаемых//Тр. Мингео СССР, ВНИГРИ. уголь. М., 1989. С. 112—119.

Принята редколлегией 28 мая 1990 г.

## НАУЧНЫЕ ОТКРЫТИЯ И ИЗОБРЕТЕНИЯ

Научные открытия определяют принципиально новые направления в науке и технике, способствуют наиболее эффективному решению важных для развития экономики задач и являются базой для создания изобретений, революционизирующих производство.

Научные открытия в геологии служат основой новых геологических концепций, стимулируют создание принципиально отличных от применяемых в настоящее время методов исследования недр, способов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых, регистрируемых в стране и за рубежом в качестве изобретений.

С целью повышения информированности широкого круга геологов отрасли о таких научных открытиях и изобретениях, а также об опыте их использования, редакционная коллегия журнала «Советская геология» открывает новую рубрику «Научные открытия и изобретения». В рубрике будут публиковаться сообщения о зарегистрированных

Госкомизобретений научных открытиях в геологии, крупных изобретениях в области поисков и разведки месторождений полезных ископаемых, технологии исследования и переработки минерального сырья, разведочной геофизики, гидрогеологии и инженерной геологии, геоэкологии, а также о необходимых для этих целей оборудовании, приборах и аппаратуре.

Предполагается постоянно рассматривать вопросы, связанные с возможностью и особенностью правовой защиты различных охраноспособных геологических объектов, что, по нашему мнению, будет способствовать своевременному и в полном объеме правовому фиксированию приоритета научно-технических достижений наших специалистов.

Уважаемые читатели! Редколлегия журнала просит вас высказать свое мнение и пожелания о содержании рубрики и характере материалов, которые вы хотели бы в ней найти.

УДК 347.778 : 55

© В. В. Потоцкий, В. Г. Тыминский, Н. М. Цехмистренко, 1991

## Научные открытия в области геологии и их роль в ускорении научно-технического прогресса

В. В. ПОТОЦКИЙ, В. Г. ТЫМИНСКИЙ, Н. М. ЦЕХМИСТРЕНКО (ВИЭМС)

Признание научных открытий, осуществляемое от имени государства, поз-

воляет объективно оценить результаты научных исследований, выходящих за

1. Научные открытия в области геологических наук по состоянию на 01.01.90 г.

| Номер<br>п/п | Номер<br>диплома | Название открытия                                                                                                                                      | Дата<br>приоритета      | Дата<br>регистрации |
|--------------|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------|
| 1            | 57               | Явление пьезоэлектрических текстур в горных породах                                                                                                    | 28.04.54                | 27.02.63            |
| 2            | 66               | Закономерная связь распределения в минерализованных зонах рудных элементов и переносящих их лигандов                                                   | 08.66                   | 06.69               |
| 3            | 68               | Закономерность распределения концентраций гелия в земной коре                                                                                          | 30.12.68                | 29.07.69            |
| 4            | 75               | Свойство природных газов находиться в твердом состоянии в земной коре                                                                                  | 25.07.61                | 24.12.69            |
| 5            | 91               | Явление образования истинных плывунов                                                                                                                  | 16.05.60                | 13.10.70            |
| 6            | 118              | Явление образования и широкого распространения стабильных свободных радикалов и молекулярных ионов в минералах и горных породах                        | 28.10.66                | 26.07.72            |
| 7            | 127              | Закономерность количественного распределения минералов в аллювиальных россыпях                                                                         | 01.11.57                | 26.04.73            |
| 8            | 128              | Явление воздействия сейсмичности Земли через акустические волны на ионосферу                                                                           | 25.09.63                | 05.06.73            |
| 9            | 129              | Явление изменения химического состава подземных вод при землетрясении                                                                                  | 21.02.66                | 12.06.73            |
| 10           | 163              | Явление естественного разделения урана-234 и урана-238                                                                                                 | 27.03.54                | 24.07.75            |
| 11           | 179              | Явление возбуждения квазипериодических колебаний магнитного поля Земли нарастающей частоты                                                             | 04.07.59                | 18.12.76            |
| 12           | 216              | Явление изменения эффективного удельного электрического сопротивления горных массивов перед местными землетрясениями                                   | 26.12.68                | 19.07.79            |
| 13           | 218              | Закономерность зонального распределения элементов индикаторов в первичных геохимических ореолах сульфидсодержащих гидротермальных рудных месторождений | 27.04.70                | 13.09.79            |
| 14           | 219              | Свойство неокисляемости ультрадисперсных форм простых веществ, находящихся на поверхности космических тел                                              | 17.07.71<br>14.04.77    | 15.11.79            |
| 15           | 234              | Явление парагенезиса субвертикальных зонально-кольцеобразных геофизических, геохимических и биогеохимических полей в осадочном чехле земной коры       | 01.70<br>11.72<br>10.74 | 24.07.80            |
| 16           | 253              | Закономерность распределения концентрации изотопов гелия Земли                                                                                         | 02.07.68                | 03.12.81            |
| 17           | 267              | Явление генерации природными полиметаллическими рудными телами импульсного электромагнитного излучения                                                 | 09.12.76                | 23.12.82            |
| 18           | 270              | Закономерность пространственно-временного изменения морфологии минеральных индивидов в процессах природного кристаллообразования                       | 29.01.58<br>03.06.81    | 14.04.83            |
| 19           | 273              | Явление глобально проявляющихся быстропротекающих пульсационных изменений в гидрогеосфере (гидрогеологический эффект Вартаияна—Куликова)               | 20.06.81                | 30.06.83            |
| 20           | 279              | Закономерность распределения ртути в лито- и атмосфере                                                                                                 | 21.11.51<br>10.11.58    | 21.09.83            |
| 21           | 282              | Явление модуляции высокочастотных сейсмических шумов Земли                                                                                             | 03.07.75                | 10.11.83            |
| 22           | 289              | Явление образования современных фосфоритов в зонах апвеллинга на шельфах океана                                                                        | 26.03.69                | 10.05.84            |



| Номер п/п | Номер диплома | Название открытия                                                                                                                                                                    | Дата приоритета            | Дата регистрации |
|-----------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------|
| 23        | 299           | Закономерность преобразования слоистых силикатных минералов в гидротермальных условиях                                                                                               | 06.05.69                   | 20.12.84         |
| 24        | 301           | Закономерность связи магнитуды (энергии) тектонических коровых континентальных землетрясений с размерами и типами сейсмогенных геологических структур (закон сейсмотектоники Губина) | 17.08.55                   | 25.04.85         |
| 25        | 304           | Явление геохимической дифференциации и концентрации элементов-аналогов и алюминия                                                                                                    | 11.10.62<br>03.66<br>02.83 | 19.09.85         |
| 26        | 308           | Свойство органического вещества осадочных пород накапливать и сохранять жидкие и газообразные углеводороды                                                                           | 06.02.76                   | 31.10.85         |
| 27        | 326           | Явление преобразования органического вещества осадочных пород под действием тектонических и сейсмических процессов земной коры                                                       | 21.04.82                   | 25.12.86         |
| 28        | 353           | Закономерность инверсионных изменений температуры гидрогеосферы                                                                                                                      | 19.08.64                   | 28.07.88         |
| 29        | 356           | Свойство кремнезема кристаллизоваться в высокоплотной фазе с шестерной координацией кремния по отношению к кислороду                                                                 | 13.07.61                   | 15.09.88         |
| 30        | 373           | Явление глубокого проникновения атмосферного кислорода в гидрогеосферу                                                                                                               | 22.03.55                   | октябрь 1989     |

рамки отдельных школ и направлений. Регистрация открытий предоставляет возможность их использования при планировании и организации фундаментальных исследований, а также при оперативной и направленной их реализации. Благодаря регистрации значительно улучшается информация общественности о результатах наиболее важных научных исследований.

На 1 января 1990 г. в Государственный реестр открытий СССР внесено 375 научных открытий, из которых 30 относятся к области геологических наук (табл. 1).

Ведущая роль в регистрации наиболее важных научных достижений в ранге открытий в области геологии принадлежит научным учреждениям АН СССР — ГЕОХИ, ИФЗ, а также организациям Мингео СССР — ВНИИ-геоинформсистем (ранее ВНИИЯГГ), ИМГРЭ и др.

Открытием в естественных науках в соответствии с действующим в СССР Положением об открытиях, изобретениях и рационализаторских предложениях признается установление неизвестных ранее объективно существующих закономерностей, свойств и явлений материального мира, вносящих корен-

ные изменения в уровень познания.

Система государственной экспертизы и регистрации научных открытий, введенная впервые в мире в СССР в 1957 г., ставит своей целью:

1) подтверждение достоверности научных положений, заявленных в качестве открытий, путем проведения государственной экспертизы предполагаемых открытий и установления действительных авторов открытий;

2) установление государственного и авторского приоритета;

3) оценку эффективности научных исследований, проводимых в организациях;

4) моральное и материальное стимулирование авторов открытий, содействие в решении научных проблем и повышении эффективности труда ученых;

5) государственный учет и информацию народного хозяйства о научных открытиях в целях их всестороннего использования в науке и практике.

Научная экспертиза по критериям открытий проводится в Государственном комитете по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР, Академии наук СССР, академиях наук союзных республик, отраслевых академиях и ве-

## 2. Основные признаки научного открытия

| Родовой (классификационный признак)                                | Видовой признак                                                                                                                                                  |
|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Объект открытия                                                    | Закон, закономерность, свойство, явление                                                                                                                         |
| Новизна                                                            | Статическая, динамическая                                                                                                                                        |
| Достоверность                                                      | Теоретическая, экспериментальная, теоретическая и экспериментальная                                                                                              |
| Причинно-следственная связь                                        | Достоверная, вероятностная                                                                                                                                       |
| Фундаментальность (внесение коренных изменений в уровень познания) | Новое направление в науке; изменение теоретических представлений, новое объяснение научных факторов; основа для создания принципиально новых технических решений |

душих научно-исследовательских институтах и ВУЗах страны в соответствии с разработанной научной методологией оценки результатов исследований по признакам открытий, включающей оценку новизны и установление приоритетных дат открытия, оценку приведенных доказательств достоверности, оценку фундаментальности, справедливости использования специальных методологических приемов для получения новых знаний, оценку правильности формулировки открытия и др., с учетом особенностей сущности геологических наук (табл. 2) [1, 3, 4, 6].

Приоритет и новизна открытия в области геологических наук характеризуется часто не одной конечной или начальной стадией, а двумя и более, чем подчеркивается историчность геологии и полифакторность изучаемых ею закономерностей, свойств и явлений. Такой динамический подход к оценке новизны использован, например, при установлении приоритетных дат открытия № 279 «Закономерность распределения ртути в лито- и атмосфере», для которого они определены:

21 ноября 1951 г. — в части теоретического обоснования закономерности распределения ртути в лито- и атмосфере и ее установления для ртутных месторождений;

10 ноября 1958 г. — в части установления закономерности для нертутных рудных месторождений различного вещественного состава и зон глубинных разломов.

Использование динамического подхода к оценке новизны геологических открытий позволяет конкретизировать отдельные этапы исследований и преодолеть традиционные для геологии трудности, связанные с наблюдением

геологических процессов, большинство из которых относится к мегамодульным, что и определяет в основном историчность их изучения и необходимость достаточно длительных наблюдений и исследований для выявления новой природной закономерности, свойства или явления. Так, новизна открытия № 270 «Закономерность пространственно-временного изменения морфологии минеральных индивидов в процессах природного кристаллообразования» характеризуется следующими датами:

1) 29 ноября 1958 г. — в части выявления первых эволюционных габитусных рядов минералов;

2) 3 июня 1981 г. — в части установления кристалломорфологической зональности минеральных тел, рудных полей и месторождений.

Или другой пример — открытие № 304 с приоритетом:

1) ноябрь 1962 г. в части установления геохимической дифференциации редких металлов;

2) март 1966 г. — в части физико-химического анализа парагенезисов криолита;

3) февраль 1983 г. — в части обнаружения промышленной концентрации криолита и разработки закономерностей дифференциации и концентрации редких металлов.

Эти даты показывают значительный интервал по времени (1956—1981 гг., 1962—1983 гг.) предшествующий формулировке нового научного положения, признанного открытием.

Открытия в области геологических наук имеют, как правило, экспериментальный характер, а теоретическое обоснование используется для объяснения механизма экспериментально

установленного нового природного явления, свойства и закономерности. Возрастающая роль эксперимента при геологических исследованиях ставит вопрос о достоверности его результатов. Основные возражения заключаются в том, что в условиях эксперимента часто невозможно воспроизвести все специфические условия, имеющие место в природных условиях, и экспериментатор не располагает тем огромным масштабом времени, которым обладает природа.

Сложным препятствием для экспериментального воспроизведения природных процессов является то, что в них участвуют большие массы вещества, в то время как в эксперименте может участвовать лишь его незначительное количество. Вместе с тем для полного и обоснованного доказательства достоверности нового научного положения в геологии необходимы теоретические и экспериментальные данные. При этом первостепенное значение имеют прямые эксперименты, поскольку косвенные измерения и выводы, как правило, не могут дать однозначного ответа на вопрос о достоверности нового научного положения. Так, для подтверждения свойства неокисляемости простых веществ, находящихся на поверхности космических тел (открытие № 219), образцы лунного реголита исследовались вторично спустя шесть-семь лет после выполнения первой серии опытов. Правильное использование обобщения результатов исследования тесно связано с вопросами соответствия рассматриваемого научного положения понятию научного открытия, его достоверности, приоритета и др.

В процессе научных исследований в геологии по мере накопления отдельных фактов или сведений они сопоставляются друг с другом и в результате выделяется нечто общее, присущее всем полученным ранее данным. Таким образом осуществляется переход от менее общего к более общему знанию [2, 3].

Необходимость обобщения в процессе формулировки научного положения, способного составить предмет открытия, возникает в основном в следующих случаях: научное положение может быть окончательно сформулировано только на основе ряда результатов, каждый из которых в отдельности не содержит данных, достаточных для

формулирования научного понятия; имеющиеся теоретические и экспериментальные данные могут быть соотнесены со строго конкретными условиями; полученные данные, а следовательно, и сформулированное на их основе научное положение относятся только к искусственным объектам, не наблюдающимся в природе.

Новое научное положение может быть сформулировано по лабораторным исследованиям. В этом случае для доказательства справедливости его обобщения на природные, находящиеся в естественном состоянии объекты, как правило, необходимы дополнительные натурные эксперименты, так как при этом в отличие от лабораторных не нарушается связь наблюдаемого с другими объектами, которая может в ряде случаев оказать существенное влияние на достоверность конечного результата. Подобное обобщение было сделано, например, при открытии явления пьезоэлектрических текстур в горных породах (диплом № 57) [1].

Признак необходимости коренного изменения в уровне познания (фундаментальности), достигнутом в данной области науки, является квалифицирующим признаком открытия, т. е. требованием, предъявляемым к каждому положению, которое претендует получить статус открытия.

В настоящее время в практике государственной научной экспертизы заявок на открытия наиболее широко распространен подход, основанный на принципе компетентной оценки, при котором оценку научной значимости рассматриваемого исследования дает компетентный субъект (эксперт или группа экспертов). Однако практическое использование экспертной оценки без применения специального методического аппарата сопряжено с рядом достаточно серьезных трудностей, поэтому в практике для установления фундаментальности научного положения, заявленного в качестве открытия, учитывают прежде всего следующие признаки:

развитие нового направления в науке в связи с данным открытием;

изменение и пересмотр общепризнанных научных представлений;

возникновение базы на основе открытия для создания новых методов исследований в различных областях науки;



### 3. Структура системы государственной регистрации научных открытий

| Этапы                                               | Мероприятия                                                                                            | Исполнители                              |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Представление научных положений в качестве открытий | Организация выявления научных открытий в проводимых исследованиях включая оценку по признакам открытия | Научно-исследовательские организации     |
| Подача заявок на открытия в Госкомизобретений       | Оформление научных положений в качестве заявок на открытия                                             | Научно-исследовательские организации     |
| Экспертиза научных положений в Госкомизобретений    | Оценка научных положений по признакам открытий                                                         | Госкомизобретений, научные организации   |
| Экспертиза научных положений в АН СССР              | Оценка научных положений по признакам открытий                                                         | АН СССР                                  |
| Принятие решения по результатам научной экспертизы  | Оценка научных положений по признакам открытий с учетом научной экспертизы                             | Госкомизобретений                        |
| Государственная регистрация открытий                | Государственный учет открытий, организация широкой информации                                          | Госкомизобретений                        |
| Использование научных открытий                      | Подготовка рекомендаций и предложений заинтересованным организациям                                    | Госкомизобретений, организации-заявители |

существенный вклад в развитие теории данной области;

появление принципиально новых (пионерских) изобретений.

Только при подтверждении экспертизой соответствия заявленного положения всем критериям научного открытия оно подлежит регистрации в Государственном реестре открытий СССР (табл. 3).

Рассмотрим более подробно одно из характерных, на наш взгляд, научное открытие в области геологии, внесенное в Государственный реестр открытий СССР за последние годы.

Академик АН УзССР А. М. Акрамходжаев, канд. геол.-мин. наук Ш. Х. Амирханов и д-р геол.-мин. наук А. В. Киршин (Институт геологии и разведки нефтяных и газовых месторождений «Узбекгеологии») открыли неизвестное ранее свойство органического вещества осадочных пород накапливать и сохранять до определенных условий в микро- и малых порах своей нерастворимой части жидкие и газообразные углеводороды — продукты начальных стадий своего преобразования.

Известно важнейшее положение геологии нефти и газа: основной источник этих полезных ископаемых — органическое вещество, рассеянное в породах. Вместе с тем, в доказательстве именно этой генетической связи существовали условности. Они объясняются тем, что главные доказательства базировались

на результатах лабораторного изучения не органического вещества в целом, а лишь легкоподвижных соединений, выделенных из пород специальными растворителями. Определить, какая часть этих веществ образовалась в данной породе, а какая пришла в нее из других источников, не представлялось возможным. В то же время основная масса органического вещества, не извлекаемая из пород органическими растворителями и поэтому называемая нерастворимой, не учитывалась при решении данного принципиального вопроса. Считалось, что в этом нерастворимом органическом веществе нет и не может быть нефтегазовых углеводородов.

Авторами открытия, вопреки укоренившемуся мнению, в микро- и малых порах этого «нерастворимого» органического вещества экспериментально выявлены нефтегазовые углеводороды — продукты биохимического и термokatалитического преобразования органического вещества, установлены зависимости изменения содержания этих углеводородов на разных глубинах погружения вмещающих пород, определены их качественные и количественные показатели.

Получили достоверное объяснение причины сохранности нефтегазовых углеводородов в «нерастворимом» органическом веществе, несмотря на сложную жесткую обработку вмещающих

пород растворителями при его получении. Сохранность этих углеводородов обусловлена особым свойством органического вещества и связана с широким развитием в нем микро- и малых пор, концентрирующих нефтегазовые углеводороды, экранирующим действием связанной воды и другими факторами, в совокупности обеспечивающими замкнутость несущей структуры органического вещества, препятствующими как выходу из порового пространства молекул нефтегазовых углеводородов, так и поступлению в них молекул растворителей.

Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий 31 октября 1985 г. принял решение о государственной регистрации открытия за № 308 с приоритетом 6 февраля 1976 г. по дате поступления статьи А. М. Акрамходжаева, Ш. Х. Амирханова, А. В. Киршина «Информативность дебиту-минимизированной части рассеянного органического вещества при объемно-генетическом методе оценки прогнозных запасов нефти и газа» (Узб. геол. журнал. 1976. № 3. С. 36—47) в редакцию журнала.

Формула открытия: «Экспериментально установлено неизвестное ранее свойство органического вещества осадочных пород накапливать и сохранять жидкие и газообразные углеводороды в своей нерастворимой части в стадиях катагенеза и катагенеза».

Научное значение открытия состоит в том, что выявлено ранее неизвестное свойство органического вещества осадочных пород, которое коренным образом развивает и углубляет имеющееся представление об особенностях его эволюции и образования нефти и газа в различных условиях, впервые раскрывает механизм и масштабы участия в этих процессах упускавшихся ранее углеводородных продуктов начальных этапов преобразования органического вещества. На основе открытия более достоверно решены многие теоретические вопросы нефтегазовой геологии, такие как определение оптимальных термобарических условий и глубин начала интенсивной миграции углеводородов, вертикальная зональность образования нефти и газа, генетический потенциал продуктивности органического вещества и масштаба его реализации в конкретных условиях, связь с ним особенностей форми-

рования месторождений нефти и газа.

Практическое значение открытия подтверждается тем, что оно уже используется при решении ряда задач, связанных с прогнозированием и направленным поиском скоплений нефти, газа, конденсата. На основе открытия разработан оригинальный метод определения потенциальных ресурсов углеводородного сырья, использующий генетический подход, применение которого обеспечивает более достоверную оценку и повышение перспектив нефтегазоносности недр, более правильное планирование размещения объемов поисково-разведочных работ.

Завершая рассмотрение научных открытий в области геологических наук, необходимо отметить, что геологические открытия, в основном, относятся к геофизике и геохимии, что отражает одну из характерных черт данной области знаний, поскольку эти разделы определили качественно новый этап развития геологических наук. Открытия в области геологических наук имеют, как правило, прикладной характер, выражающийся в создании на их основе принципиально новых методик поиска и разведки, в т. ч. на уровне изобретений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гайворонская Т. Г., Потоцкий В. В., Тыминский В. Г. Научные достижения в области геохимии, квалифицированные в качестве открытий в 1981—1982 гг. // Геохимия. 1984. № 4. С. 588—591.
2. Потоцкий В. В. Вопросы методики выявления научных открытий в геологии // Вопросы изобретательства. 1981. № 6. С. 13—19.
3. Потоцкий В. В., Тыминский В. Г., Штеренберг Л. Е. К оценке научных положений в геологии по признакам открытий // Сов. геология. 1983. № 8. С. 46—58.
4. Потоцкий В. В., Тыминский В. Г. Научные открытия в геологии. — М.: ВИЭМС, 1984.
5. Потоцкий В. В., Тыминский В. Г. Открытия в области минералогии и геохимии и их роль в ускорении научно-технического прогресса (методические аспекты оценки эффективности научного потенциала) // Минералогический журнал. 1986. Т. 8. № 1. С. 7—17.
6. Потоцкий В. В., Рахмистрова О. Н., Тыминский В. Г. Научные открытия в области геологии и вопросы оценки их эффективности. Ч. I, II. Якутск, 1986.
7. Потоцкий В. В., Тыминский В. Г., Цехмистренко Н. М. Научные достижения в области геофизики, квалифицированные в качестве открытий // Экспресс-информация ВИЭМС. Сер. Развед. геофизика. 1987. Вып. 6. С. 21—29.

Принята редколлегией 24 сентября 1990 г.

## Основные гидрогеологические идеи на уровне научных открытий

Н. М. ФРОЛОВ (ВСЕГИНГЕО)

Основные идеи соответствующей области знаний, будучи приведенными в систему, представляют собой, как известно, общую теорию данной науки. Следовательно, главная трудность на пути к созданию общей теории заключается в необходимости выявления основных идей, а это, в свою очередь, требует строгого определения того, что следует понимать под основной идеей. Между тем, не существует строгого определения самого слова «основной». В словарях оно толкуется как наиболее важное, главное, первоначальное и т. п.

В науке наиболее важным считается *новое знание на уровне научного открытия*, под которым понимается, согласно требованиям Госкомизобретений при ГКНТ СССР, *установление неизвестных ранее объективно существующих закономерностей, свойств и явлений материального мира, вносящих коренные изменения в уровень познания*. Подтверждением наличия коренных изменений согласно этим же требованиям может быть наличие основы для новых направлений в развитии науки и техники и создание принципиально новых технических решений; принципиальное изменение ранее известных теоретических представлений, объяснение таких научных фактов и экспериментальных данных, которые ранее не находили своего научного объяснения.

Это в общем совпадает с тем, на что человек потенциально способен на самой верхней ступени шкалы своего развития как личности. В этой известной шкале результаты деятельности человека на первых четырех ступенях (умение что-либо запомнить, понять, рассказать о понятии своими словами, написать своим стилем) не дают нового знания. Его генерация начинается со следующих ступеней: способность придумать новый прием изложения понятию или дать оригинальное новое доказательство известного результата; способность решить по-новому известную задачу; способность самостоятельно сформулировать и решить новую задачу; способность создать новое научное направление, научную школу, и, наконец, способность самостоятельно сделать научное открытие.

Эта шкала принята автором за основу классификации научных работников по творческой активности. Трудовая активность учитывается с помощью критерия «количество научных публикаций». В целом систему критериев по этим признакам предлагалось использовать для комплексной оценки эффективности научного труда, в т. ч. при аттестации научных работников. Это сложная проблема, результаты проработки которой изложены в отдельной публикации [3]. Здесь же необходимо обратить внимание лишь на то, что собственно научной продукцией может считаться результат только продуктивной деятельности. Под последней понимается деятельность, направленная на выработку новых или достижение известных целей с помощью новых методов и (или) средств. Именно в этом принци-

пиальное отличие продуктивной деятельности от репродуктивной, направленной на решение известной задачи известными методами и средствами, что является работой, а не исследованием. К сожалению, отсутствие понимания этой принципиальной разницы у многих научных работников приводит к перегрузке тематических планов научно-исследовательских институтов (НИИ) деятельностью, к научной имеющей весьма отдаленное отношение.

Исследование — это всегда творческий процесс, а результат его — нововведение, являющееся основой научно-технического прогресса (НТП). В науке главное нововведение — это новое научное знание, а новой единица научного знания считается в том случае, если она отвечает требованиям научности и к моменту ее создания отсутствует в списке ранее установленных научных знаний (А. И. Ракизов, 1969). Следовательно, главным итогом творческой деятельности в науке на уровне фундаментальных исследований является научное открытие.

В тезисах своего доклада «Есть ли в гидрогеологии идеи на уровне научных открытий?», подготовленного для XII Всесоюзного совещания по подземным водам востока СССР [2], автор уже дал положительный ответ на поставленный в его названии вопрос. Были приведены и некоторые из гидрогеологических идей, соответствующие рангу научного открытия. Вместе с тем обращалось внимание на трудности в решении проблемы в целом, которые связывались, главным образом, с отсутствием попыток системного подхода к созданию общей теории не только в гидрогеологии, но и в других науках о Земле. Хотя нельзя не отметить при этом интересных и весьма оригинальных исследований И. В. Крутя (1978).

Соображения о необходимости составления системы основных идей гидрогеологии на базе кадастра нововведений вытекали из результатов анализа созданной ранее дедуктивным методом системы основных гидрогеологических теорий [1]. Однако такой кадастр был наконец создан лишь в самое последнее время усилиями коллектива гидрогеологов из различных ведомств и регионов страны [4]. Согласно этому кадастру за всю историю цивилизации на 1 октября 1989 г. в гидрогеологии произошло 97 основных событий, к которым отнесены появление новых научных идей, создание новых научных направлений и разделов, наиболее важные организационно-административные акты. Однако к научным открытиям согласно требованиям Госкомизобретений можно отнести лишь 22 из этих нововведений (10 закономерностей и 12 явлений), причем только четыре из них зарегистрированы официально (№ 120, № 273, № 353 и № 373).

Необходимо при этом напомнить, что научные достижения на уровне научных открытий у нас в стране стали регистрироваться с 1957 г., но только те, которые сделаны после 14 марта 1947 г. Все то, что было открыто до этой даты сейчас к рассмотрению не прини-



мается. Поэтому в «Государственный реестр открытий СССР» не могут попасть многие важные научные идеи из-за «срока давности». Кроме того, уже нет в живых некоторых из авторов таких идей, выдвинутых после 1947 г. В связи с этим возникли предпосылки для «открытия» уже открытого ранее, а следовательно утраты первооткрывателями приоритета. Научная этика требует, однако, установления подлинного первооткрывателя, что возможно в том случае, если данная область знаний располагает перечнем (кадастром) основных идей. Вот почему составление подобного рода кадастров совершенно необходимым акт в любой области знаний, имеющий не только научное, но и нравственно-этическое значение. К сожалению, таких кадастров, по крайней мере в науках о Земле, до сих пор не было, наверное потому, что их составление чрезвычайно трудная проблема, требующая от составителей глубоких энциклопедических познаний в соответствующей области. Итак, назовем в хронологическом порядке основные идеи гидрогеологии, соответствующие требованиям Госкомизобретений, предъявляемым к научным открытиям (если кому-то покажется, что в этом перечне что-то пропущено, буду признателен за конкретное указание на такую идею и первоисточник, в котором она рассмотрена).

1. Явление конденсации подземной влаги из воздуха (конденсационная теория происхождения подземных вод) — IV в до н. э. Аристотель.

2. Явление просачивания поверхностных вод в недра Земли (инфильтрационная теория происхождения подземных вод) — I в до н. э. М. Витрувий Поллио.

3. Закономерность круговорота воды в природе. — 1674 г. П. Перро.

4. Закономерность формирования месторождений рудных полезных ископаемых при участии подземных вод — 1742—1757 гг. М. В. Ломоносов.

5. Основной закон фильтрации. — 1856 г. А. Дарси.

6. Явление выделения воды из расплавленных горных пород недр Земли (теория ювенильного происхождения подземных вод) — 1902 г. Э. Зюсс.

7. Закономерность широтной зональности грунтовых вод. — 1914 г. П. В. Отоцкий.

8. Явление формирования состава поровых вод под влиянием взаимодействия с горными породами — 1929 г. В. И. Вернадский.

9. Явление упругого режима подземных вод — 1934—1937 гг. Л. С. Лейбензон, М. Маскет.

10. Закономерность гидрогеохимической зональности — 1930-е годы. В. И. Вернадский, В. В. Штильмарк, Ф. А. Макаренко, Н. К. Игнатович.

11. Явление выделения воды в процессе уплотнения горных пород (теория седиментационного происхождения подземных вод) — 1944 г. А. Н. Бунеев.

12. Закономерность подземного стока — 1946—1949 гг. Ф. А. Макаренко, Б. И. Куделин.

13. Явление перетекания подземных вод — 1947 г. А. Н. Мятнев, Н. К. Гиринский.

14. Закономерность увеличения концентрации химических элементов в подземных водах под влиянием гравитации — 1947 г. К. В. Филатов.

15. Явление субмаринной разгрузки гидротери — 1940-е годы.

16. Закономерность вертикальной гидрогеодинамической зональности — 1948 г. Б. Л. Личков, Н. К. Игнатович, Ф. А. Макаренко.

17. Явление глубокого проникновения атмосферного кислорода в гидрогеосферу — дата приоритета 22.03.1955 г., диплом № 373 — А. И. Германов, Г. А. Волков, А. К. Лисицын, В. С. Серебренников.

18. Закономерность глобальной пространственно-временной изменчивости уровня грунтовых вод — 1963—1976 гг. А. А. Коноплянец, В. С. Ковалевский, С. М. Семенов.

19. Закономерность инверсионных изменений температуры гидрогеосферы — дата приоритета 19.08.1964 г., диплом № 353 — Н. М. Фролов.

20. Явление изменения химического состава подземных вод — дата приоритета 21.02.1966 г., диплом № 129 — Г. А. Мавлянов, А. Н. Султанходжаев, В. И. Уломов, Л. А. Хасанова, Н. И. Хитаров, Л. В. Горбушина, В. Г. Тыминский, А. И. Спиридонов, Б. З. Мавашев.

21. Явление обводненности кристаллических шитов на больших глубинах. 1970-е годы. Кольская сверхглубокая скважина.

22. Явление глобально проявляющихся быстротекущих (порядка сутки—месяцы) пульсационных изменений в гидрогеосфере — дата приоритета 20.06.1981 г., диплом № 273 — Г. С. Вартанян, Г. В. Куликов.

Как видим, хронологически из 22 открытий лишь два были сделаны до н. э. (Аристотелем и М. Витрувий Поллио). С начала н. э. до XVI в. включительно в гидрогеологии, таким образом, не было сделано ничего, достойного внимания. В последующих XVII, XVIII и XIX вв. было сделано по одному открытию — П. Перро, М. В. Ломоносовым и А. Дарси, остальные 17 открытий осуществлены в нынешнем веке. Причем в начале века делалось по одному открытию каждые десять лет, а затем в 30-е годы — два открытия, в 40-е даже шесть, но в 50-е опять лишь одно, в 60-е — три и в последние два десятилетия снова по одному. Пик, таким образом, приходится на 40-е военные и первые послевоенные годы, т. е. на первые годы существования ВСЕГИНГЕО и Лаборатории гидрогеологических проблем (ЛГГП) АН СССР им. Ф. П. Саваренского; на период, предшествовавший массовому притоку в науку новых людей и, как ни парадоксально, до начала быстрого роста численности кандидатов и докторов наук. Подтверждается, таким образом, еще раз известный факт — рост числа нетривиальных идей определяется не количеством научных работников, а комфортностью условий для наиболее одаренных из них — генераторов научных идей.

Из 22 открытий половина сделана после 1947 г., в связи с чем может быть оформлена юридически. Однако семи авторов четырех из этих 11 открытий уже нет в живых (Ф. А. Макаренко, Б. И. Куделин, А. Н. Мятнева, Н. К. Гиринский, К. В. Филатов, Б. Л. Личков, Н. К. Игнатович). Только один из них (К. В. Филатов) пытался незадолго до своей смерти оформить открытие официально, но его заявка была отвергнута. Кроме четырех гидрогеологических идей, внесенных в «Государственный реестр открытий СССР», еще две находятся в стадии экспертизы. О судьбе открытия субмаринной разгруз-

ки гидротерм ничего определенного сказать нельзя, поскольку не удалось пока установить даже того, кому принадлежит приоритет.

Необходимо хотя бы кратко рассмотреть роль НИИ в научных открытиях. Сейчас у нас в стране один головной институт в области гидрогеологии — ВСЕГИНГЕО, который ранее имел двойное подчинение — АН СССР и Мингео СССР, а сейчас относится только к Мингео. За время его существования (за последние 50 лет) в гидрогеологии выдвинуто всего 13 идей, соответствующих рангу научного открытия, из которых четыре, как уже отмечено, зарегистрированы официально как научные открытия. Сотрудники ВСЕГИНГЕО являются соавторами одного из открытий и авторами двух открытий. Таким образом, из официально зарегистрированных четырех научных открытий в области гидрогеологии половина полностью принадлежит главному институту, а в одном из оставшихся двух его сотрудники принимали участие. Два открытия, находящиеся в стадии оформления, сделаны сотрудниками ВСЕГИНГЕО самостоятельно или при их участии. Из остальных семи основных гидрогеологических идей только две выдвинуты без их участия. Это явление седиментационного происхождения подземных вод и явление субмаринной разгрузки гидротерм. В итоге сотрудникам ВСЕГИНГЕО принадлежат полностью 5 из 13 гидрогеологических идей на уровне открытий или около 39 % основных идей, выдвинутых за последние 50 лет и более 11 % из 22, т. е. выдвинутых за всю историю цивилизации. Если учесть и те гидрогеологические идеи, в генерации которых его сотрудники принимали участие, то общее число идей удвоится, а участие возрастет соответственно до 77 и 45 %. Для сравнения отметим, что сотрудники ЛГГП АН СССР (просущест-

вовавшей лишь 18 лет — с 1944 по 1962 гг.) имеют отношение к четырем научным открытиям или 18 % от их общего числа, а ПГО «Узбекгидрогеология», существующее немногим меньше ВСЕГИНГЕО, только к одному, что составляет лишь 4,5 %.

И в заключение о нравственном долге перед нашими предшественниками. По-видимому, главное — это абсолютная честность и объективность в оценке их заслуг. Если не отклоняться от рассматриваемой темы, то результаты анализа основных идей в гидрогеологии показывают, что научному работнику удается, как правило, за свою жизнь выдвинуть не более одной крупной идеи, соответствующей рангу научного открытия. Однако есть личности исключительные, результаты деятельности которых не укладываются в обычные рамки. В науках о Земле в целом — это несомненно В. И. Вернадский, который и в гидрогеологии сумел оставить заметный след — выдвинуть две крупнейшие идеи.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фролов Н. М. Гидрогеология и инженерная геология в системе наук о Земле // Сов. геология. 1984. № 10. С. 95—106.
2. Фролов Н. М. Есть ли в гидрогеологии идеи на уровне научных открытий? // Тез. докл. Всесоюз. совещ. по подземным водам востока СССР. — Иркутск—Южно-Сахалинск. 1988. С. 3—5.
3. Фролов Н. М. Критерии оценки эффективности научного труда // Разведка и охрана недр. 1989. № 12. С. 34—40.
4. Хронология нововведений в гидрогеологии // Водные ресурсы. № 4. С. 126—136.

Принята редколлегией 29 января 1990 г.

## ДИСКУССИИ, ОБСУЖДЕНИЯ

УДК 533.3/4.001.57

© А. И. Бурдэ, М. Н. Столпнер, 1991

### Методологические основы формирования прогнозно-поисковых моделей

А. И. БУРДЭ (ВСЕГИНГЕО), М. Н. СТОЛПНЕР (НПО «Рудгеофизика»)

Эффективность прогноза и поисков полезных ископаемых независимо от их специфики и ранга прогнозируемого объекта определяется в первую очередь оптимальностью комплекса методов и приемов интерпретации полученной информации. Научно-методической основой их оптимизации являются модели изучаемых объектов, которые характеризуются рядом особенностей [2, 3, 5, 6]:

обеспечивают свертывание большого объема информации для передачи другим специалистам, освобождая их от необходимости повторного, как правило, весьма трудоемкого изучения первичных источников;

способствуют повышению однозначности языка общения и передачи информации между специалистами разного профиля и облегчают ее машинную обработку;

обеспечивают воспроизводимость и сопоставимость результатов прогноза и поисков на

основе опыта и знаний всей геологической науки;

позволяют определять критерии и признаки однотипных объектов, различающихся особенностями геологического строения, глубиной залегания, эрозионным срезом и другими условиями поисков;

являются концептуальной основой интерпретации результатов геологоразведочных работ, включая оценку прогнозных ресурсов.

Области и методику применения прогнозно-поисковых моделей (ППМ) определяют:

управляемость — изменение комбинаций элементов модели, их размеров, формы и параметров, позволяющее представить разнообразные состояния моделируемого объекта и строить соответствующие им частные модели (геологические, физико-геологические, геолого-геохимические, дистанционные), которые являются компонентами или подсистемами комплекс-

## Основные компоненты прогнозно-поисковых моделей и их элементы

| Компоненты            | Элементы компонентов                                                                                                       | Характеристики элементов                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Физико-геологические  | Абстрактные возмущающие тела и их связи, отражающие структуру геологического пространства; структура геофизических полей   | Размеры и форма возмущающих тел, их петрофизические параметры, характеристики физических полей                                                                                                                                                                                                          |
| Геолого-геохимические | Обобщенные геологические тела однородного геохимического состава; структура геохимических полей                            | Размеры и форма обобщенных геохимически специфических тел, геохимические параметры пород и обобщенных тел, характеристики геохимических полей                                                                                                                                                           |
| Геологические         | Геологические тела и их пространственные и временные связи, характеризующие структуру геологического пространства          | Структурно-вещественные характеристики геологических тел                                                                                                                                                                                                                                                |
| Геолого-экономические | Геолого-экономические характеристики моделируемого объекта и их связи с экономикой сырья и степенью освоенности территории | Распределение моделируемых объектов по размерам (количеству полезного ископаемого); связь экономических характеристик с другими компонентами; экономические и геолого-экономические требования к практически интересным минимальным размерам месторождений, содержанию и качеству полезного ископаемого |

ной ППМ, а также могут быть использованы для решения специальных вопросов;

закономерное изменение элементов модели и их характеристик при переходе от более низкого уровня детальности моделирования к более высокому, т. е. уточнение и дополнение характеристик менее детального уровня на более детальном и введение на каждом уровне специфических элементов, причем в ряде случаев последние являются необходимыми или достаточными;

возможность теоретического определения геологических и физических полей ожидаемых объектов путем аналитического или логического прогнозирования формы и размеров геологических тел, знака и относительной интенсивности геофизических аномалий, состава и строения внутренних связей аномальных геохимических ассоциаций и т. п.;

обобщенный характер полей, рассчитываемых или прогнозируемых на основе ППМ, поскольку они отражают лишь наиболее существенные черты данного класса объектов;

вероятностный характер, обусловленный стохастическими связями структурно-вещественных элементов модели и геологических, петрофизических и других данных, используемых при построении ППМ;

полиморфность (многовариантность ППМ), обусловленная многообразием форм, размеров и значений параметров отдельных элементов, из которых может быть сформирована ППМ.

Модель объекта прогноза и поисков (ППМ) в общем виде может быть определена как упорядоченная совокупность характеристик ожидаемого месторождения, рудного поля, узла или другого минералогического объекта, необходимых для выбора комплекса поисковых методов, технологии их применения, обработки и интерпретации полученных результатов. Обычно она представляет собой систему тек-

стовых, табличных, графических, математических или другой формы образов объекта поиска и прогноза. По своей структурно-вещественной сути модель отражает объемное распределение геологических тел и образуемых ими структур, а также их признаков (геометрические и морфологические параметры, геологические, петрофизические, геохимические и другие особенности, а также прямые и косвенные поисковые признаки прогнозируемого объекта, связанные с процессами возникновения и разрушения концентраций полезного ископаемого). Вместе с тем, модель может отражать и характеристики, не связанные со структурой и веществом, а определяемые экономическими факторами (размеры месторождений, глубина их прогноза и т. п.).

ППМ состоит из ряда компонентов (таблица) — блоков различных характеристик структурно-вещественных комплексов, являющихся объектом поисков и прогноза (рудное тело, месторождение и т. п.) или вмещающих эти объекты (рудное поле, узел, район и т. п.).

Структурно-вещественные комплексы (СВК) могут выделяться по разным признакам, в связи с чем различают геологические, геофизические, геохимические и другие СВК. При этом для построения ППМ исходным является геологический СВК — комплекс связанных единством происхождения геологических тел и структур, рассматриваемый на каждой стадии геологоразведочных работ (или на каждом уровне генерализации) как обособленное от вмещающей среды целое. Из специальных СВК наиболее важны: 1) геофизический СВК — совокупность геологических образований, квазиоднородная в физическом отношении на данном уровне исследований и выделяемая в физическом поле как единый возмущающий объект [3, 6, 9]; 2) геохимический СВК определяется как совокупность геологических обра-



зований, квазиоднородная в полях рассеяния и (или) концентрации химических элементов, т. е. выражаемая единой аномалией или связанной системой аномалий геохимического поля. Границы геофизического и геохимического СВК проводятся по зонам изменения полей и в общем случае могут не совпадать с геологическими.

СВК, являющийся объектом построения ППМ, должен обладать одним специальным свойством — вмещать концентрацию полезного ископаемого (быть продуктивным или, по крайней мере, потенциально продуктивным).

Компоненты ППМ могут отражать и характеристики, лишь косвенно связанные с продуктивностью СВК; к ним в первую очередь относятся экономические и геолого-экономические (размеры промышленных месторождений, их распределение, граничные содержания полезных элементов — геологических, геохимических, геофизических характеристик и других признаков и критериев прогноза моделируемого типа объектов (т. е. представляющих собой специальные ППМ)). Важнейшая часть ППМ — связи между компонентами внутри модели и элементов внутри компонентов, образующие структуру ППМ и их системы.

Структура ППМ и всех ее компонент определяется необходимостью формирования двух важнейших блоков — модели самого прогнозно-поискового объекта (блок «объект») и модели вмещающей его среды (блок «вмещающая среда»). Первый включает признаки, непосредственно связанные с месторождением, рудным полем или другими объектами, и, как правило, содержит характеристики аномальных геологических, геохимических, геофизических и других полей. Блок «вмещающая среда» представляет нормальные поля и поля, обусловленные потенциально продуктивными образованиями (формация углеродистых сланцев, массив лейкократовых гранитов или ультрабазитов и т. п.). Связи блоков внутри модели в основном семантические, обусловленные необходимостью обеспечения возможно более четкой формулировки отличий между объектами прогноза и поисков и вмещающей средой.

Структура ППМ во многом определяется генетическим или парагенетическим подходом к моделированию [2, 6 и др.].

Генетический подход заключается в предварительном построении модели процесса образования объекта и выявления на этой основе геологических, геофизических, геохимических и других признаков и критериев объекта поисков. Реализация генетического подхода специфична для объектов различного типа. Геологические модели формируются на основе теорий седиментогенеза, петрогенеза, гидротермального процесса, рудогенеза и т. д., что дает возможность с учетом эмпирических данных о характеристиках известных объектов выделить новые критерии прогноза. Так, представления о генезисе фосфоритов, развитые в работах Г. Н. Батурина (1978), В. И. Покрышкина (1985), А. И. Бурдэ и др. (1983, 1986), позволили предложить в качестве новых критериев прогноза палеоширотное положение изучаемого района, соотношения химических элементов в породах, указывающие на восстановительные условия среды, и т. п.

При разработке физико-геологических моделей генетический подход реализуется в виде решения прямой задачи вычисления на основе

геологических моделей геофизических критериев и признаков прогнозируемого СВК. Например, представления о генетической связи редкометалльных месторождений с гранитными интрузивами позволяют считать важнейшими геофизическими критериями редкометалльных рудных узлов и рудных полей локальные минимумы гравитационного поля, отвечающие интрузиям в целом и куполообразным выступам кровли массивов. Использование аналитических зависимостей геофизических полей от размеров, петрофизических свойств и других характеристик геологической модели дает возможность оценить размеры, интенсивность, контрастность и другие параметры таких локальных аномалий, представляющих элементы геофизической компоненты.

Наименее разработаны генетические подходы для геохимических компонентов, однако сейчас начинают развиваться способы, основанные на многоуровневых конвективных моделях [7]. Генетическая геохимическая модель эндогенного рудообразования представляет упорядоченную систему вложенных дуговых или кольцеобразных структур (конвективных ячеек) различного ранга и размера с закономерной сменой геохимических ассоциаций и степени концентрации оруденения от периферии к центру каждой ячейки и во всей системе. Поверхность полусферы накопления каждого уровня трансформируется составляющими ее ячейками в мозаичное поле распределения содержаний химических элементов, состава измененных пород и т. п. При этом продуктивность исследуемых площадей зависит от полноты набора разноранговых ячеек, в частности, выпадение какого-либо члена системы (ячейки какого-либо уровня) исключает промышленную рудоносность площади в современных условиях, несмотря на наличие прямых и косвенных поисковых признаков [7].

Таким образом, структура генетических моделей отражает причинно-следственные связи внутри СВК, между его элементами и обусловленными ими признаками и критериями.

Парагенетический подход заключается в обобщении данных по известным объектам поисков и установлении их наиболее типичных критериев и признаков. Так, анализ данных крупномасштабных гравимагнитных съемок по железорудным районам Тургай, Зауралья и Алтае-Саянской области позволил установить связь рудных узлов скарново-магнетитовой формации с зонами кольцевых локальных магнитных и гравитационных аномалий, отвечающих крупным кальдерам (вулкано-плутоническим структурам) [10]. Подобные подходы лежат в основе автоматизированных систем прогнозирования («Регион» и др.). Основным их недостатком является невозможность установления критериев и признаков, не содержащихся в эмпирическом материале. Выделяемые иногда новые критерии и признаки, как правило, представляют комбинации уже известных, как это показано в работах Л. Н. Дуденко, И. И. Абрамовича, А. Н. Еремеева и др.

Одна из важнейших частей методологии парагенетического подхода состоит в подборе объектов, входящих в эталонную выборку для составления модели. Такая выборка должна отвечать следующим условиям: а) быть представительной по числу объектов; б) определять условия проявления признаков и критериев объекта, т. е. содержать характеристику

вмещающей среды; в) включать объекты приблизительно одного размера, т. к. объединение мелких и крупных месторождений может привести к искажению таких важных элементов ППМ, как вероятность (или частота) связи признака с объектом; г) учитывать изменения признака в зависимости от условий залегания объектов; д) не содержать ненадежной или недостаточно точной и детальной информации о признаках моделируемых объектов.

Структура парагенетических ППМ отражает причинно-следственные связи опосредовано, что может приводить к ошибкам при выявлении ожидаемого объекта с помощью признака, обусловленного другим объектом и лишь парагенетически связанным с ожидаемым. Примером может быть такой признак олово-сульфидных месторождений, как узкие протяженные магнитные аномалии, обусловленные дайками основных пород, лишь парагенетически связанными с рудными телами с вероятностью 0,5. Очевидно, что вероятность того же порядка будут характеризовать аномалии, обусловленные дайками, не сопровождающими рудные тела.

Общую часть ППМ образует структура системы моделей, изоморфная системе геологоразведочных работ. ППМ объектов, изучаемых на разных стадиях геологоразведочного процесса, образуют иерархический ряд моделей разного уровня генерализации — от металлогенической зоны через рудный узел, рудное поле и месторождение до рудного тела.

Иерархические ряды ППМ строятся на основе реально существующих связей между ранжированными объектами. Принцип построения следующий: ППМ определенного уровня формируется на присущих ему признаках и может содержать элементы ППМ предыдущего и последующего уровней только в специфичном для него виде.

Основные уровни моделируемых элементов геологической компоненты ППМ (уровни генерализации) следующие:

1: 1 000 000 — комплекс потенциально продуктивных геологических тел и структур уровня формации и группы формаций, вмещающих рудные районы (продуктивные СВК);

1: 200 000 — комплекс специфических геологических тел, структур и пород, связанных с образованием повышенных концентраций полезного ископаемого ранга рудного поля и рудного узла (рудоконтролирующие СВК);

1: 50 000 — комплекс специфических геологических тел, структур и пород, обуславливающих локализацию месторождений полезного ископаемого (рудоносные СВК);

1: 10 000 — комплекс геологических тел, структур и пород, наличие которого приводит к локализации рудных тел (рудовмещающие СВК);

1: 1000 — комплекс геологических тел, структур и пород, обуславливающих локализацию обогащенных и разубоженных частей рудных тел (рудный СВК).

Соответственным образом изменяются и элементы других компонентов ППМ.

Иерархические ряды ППМ наиболее разработаны для геофизической компоненты, например, ППМ железорудного месторождения, рудного поля и рудного узла магно-магнетитовой формации Восточной Сибири [3]. ППМ ряда рудная провинция — рудный район — рудное поле — месторождение — рудное тело колчеданно-полиметаллической формации Руд-

ного Алтая [1], ППМ железорудных узлов и полей скарново-магнетитовой формации [10] и др.

Основные элементы ППМ на каждом уровне генерализации включают:

состав геологических тел и специфических пород;

морфология и размеры элементов геологического СВК и комплекса в целом;

прогнозные геофизические, геологические, геохимические и другие критерии и признаки СВК каждого уровня;

количественные характеристики признаков элементов СВК и комплекса в целом: среднее значение и стандарт, среднее геометрическое и стандартный множитель, среднее значение логарифма и его стандартное отклонение и др.;

коэффициент корреляции между признаками; теснота связи элементов ППМ с объектами прогноза и поисков; вероятность или частота наличия у объекта каждого признака (или его градации по интенсивности, характеру и др.) и вероятность, или частота наличия такого же признака (или его градации) у геологических тел (или их совокупности), не являющихся объектами исследования или иначе значение ошибок I и II рода.

ППМ, их компоненты и ряды должны соответствовать по сложности модели целям и задачам проектируемых работ; по содержанию — условиям, обеспечивающим выбор и оптимизацию комплекса методов, технологии проведения работ и интерпретации материалов; по адекватности — типу района по яркости, обогащенности и геологическим условиям проведения работ. К ним также предъявляются требования количественной характеристики связей моделируемых объектов и их прогнозных критериев и вмещающей средой, а также признаков на различных уровнях среза объекта поисков.

ППМ классифицируются по ряду признаков.

1. Априорные и апостериорные модели, где априорные — модели этапа проектирования, основанные на информации предшествующих работ и используемые для выбора комплексов методов, технологии проведения работ и интерпретации материалов, а апостериорные — результат комплексной интерпретации геофизических, геологических и других данных, полученных в процессе работ по изучению объектов [3, 6], или практически комплексные описания объектов.

2. По количеству параметров — однопараметровые (однометодные) и комплексные модели.

3. По степени сложности — простые (единичный объект во вмещающей среде) и сложные (совокупность разнородных объектов) модели. На начальных стадиях прогноза и поисков и при опережающих работах сложные объекты часто представляются простыми ППМ, т. е. считаются целостными объектами с интегральными характеристиками совокупности.

4. По степени обобщения сведений — частные модели конкретных объектов (в том числе натурные природных объектов, изученных достаточно полным и детальным комплексом методов) и обобщенные модели их совокупности, характеризующие наиболее существенные и типичные особенности. Обобщенные ППМ делятся на региональные и глобальные.

Региональные модели формируются путем анализа данных по совокупности конкретных



объектов, известных в исследуемой металлогенической провинции (зоне); например, упомянутые модели рудных объектов магно-магнетитовой формации Восточной Сибири и колчеданно-полиметаллической формации Рудного Алтая. Глобальные модели формируются обобщением данных по совокупности объектов или их моделей из ряда металлогенических провинций. Региональные модели отражают особенности строения объектов изучаемого региона, глобальные — сохраняют лишь наиболее характерные признаки объектов. В целом, чем меньшая выборка объектов исследована, тем более могут отличаться региональные модели от глобальных и тем региональные модели ближе к реальным объектам. Региональные модели удовлетворяют в основном требованиям разработки рациональных комплексов методов поисков и прогноза для объектов данного района, а глобальные — являются основой для разработки типовых комплексов.

5. По форме представления — текстовая (описательная), графическая, цифровая, табличная модели.

6. По методам построения:

картографические модели — пространственные образно-знаковые или совокупности графических символов, которые служат средством сбора, хранения и обработки информации, отобранной по определенным правилам, и источником этой информации для потребителя;

статистические модели — совокупность статистических параметров в виде таблиц, относящихся к выборке объектов моделируемого типа и их элементов и характеризующих частоты встречаемости признаков объекта (размеры, форма, петрофизические и другие свойства, поисковые критерии и признаки), корреляционные связи поисковых критериев и признаков с объектами и между собой и т. д. [1, 3, 4];

аналитические модели — количественные зависимости между характеристиками геофизических, геохимических и других полей, поисковыми признаками и прогнозными критериями рудных объектов, основанные на аппроксимации изучаемых объектов телами правильных геометрических форм или их комбинациями. Они позволяют получить представление о признаках объектов, находящихся на иных глубинах залегания, уровнях эрозийного среза и т. п., чем их прообразы.

ППМ используются при прогнозе месторождений и их количественной оценке (уровни генерализации 1:10 000—1:50 000), а также при оценке минеральных ресурсов рудных полей, районов, провинций и бассейнов (уровни генерализации 1:50 000—1:1 000 000). Они применяются и при оптимизации комплекса методов, технологии проведения работ и геологической интерпретации материалов.

При выборе и оптимизации комплекса методов с использованием априорных ППМ основными являются следующие операции:

задание целевых объектов прогнозирования и поисков;

подбор геологических моделей, соответствующих целевым объектам;

построение геологических, геофизических и других компонентов ППМ и определение критериев прогноза и поисковых признаков;

формирование с использованием полученных критериев типовых и рациональных комплексов методов, определение технологии проведения работ [2, 6 и др.].

Разработка апостериорных моделей — завершающая операция комплексной геологической интерпретации, которая носит концептуальный характер и базируется на моделях, выступающих в качестве средства и результата интерпретации [8]. Начальная фаза интерпретации связана с использованием априорных моделей, которые на заключительном этапе с учетом всей имеющейся информации преобразуются в апостериорные, являющиеся прототипами геологических моделей (карт, разрезов, блок-диаграмм и т. д.).

В заключение отметим, что моделирование объектов прогнозирования и поисков — это сущность всего геологоразведочного процесса, т. к. все его результаты (карты, ресурсы, запасы полезных ископаемых и т. п.) представляют информационные модели геологической реальности. В соответствии с этим более детальная проработка теории и методики моделирования является важным средством повышения эффективности геологоразведочных работ и экономико-геологического моделирования разного уровня сложности и обобщенности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бродовой В. В. Геофизические исследования в рудных провинциях. — М.: Недра, 1984.
2. Бурдэ А. И. Теоретические основы и способы определения комплекса методов при региональных геологоразведочных работах. — Л.: Недра, 1979.
3. Вахромеев Г. С., Давыденко А. Ю. Моделирование в разведочной геофизике. — М.: Недра, 1987.
4. Глубинное геологическое картирование/Под ред. А. С. Култан. — Л.: Недра, 1981.
5. Кривцов А. И., Нарсеев В. А. Геологоразведочный процесс и прогнозно-поисковые комплексы//Сов. геология. 1983. № 1. С. 17—27.
6. Методические рекомендации по комплексированию геофизических методов при крупномасштабных геологоразведочных работах и поисках месторождений твердых полезных ископаемых. — Л.: Рудгеофизика, 1983.
7. Питулько В. М. Системный анализ при интерпретации поисковых геохимических данных//Теория и практика геохимических поисков в современных условиях. Вып. 2. М., 1986. С. 88—90.
8. Рыбаков М. Б., Бурдэ А. И., Столпнер М. Н. Основные положения и проблемы комплексной геологической интерпретации геофизических материалов//Геофизические методы при геологоразведочных работах с общими поисками. — Л., 1986. С. 16—29.
9. Столпнер М. Н. Основные направления использования геофизических данных при крупномасштабном прогнозировании и схеме формирования геофизических критериев рудных объектов//Комплексирование геофизических методов при решении поисковых и разведочных задач в рудных районах. Л., 1984. С. 8—24.
10. Чупров В. В., Ашиурков В. А. Геофизические критерии прогнозирования железорудных узлов и полей скарново-магнетитовой формации (на примере Тургая и Западной Сибири)//Комплексирование геофизических методов при решении поисковых и разведочных задач. Л., 1984. С. 24—39.

Принята редколлегией 28 августа 1989 г.



## 80-летие Виктора Григорьевича Гарьковца

Исполнилось 80 лет со дня рождения Виктора Григорьевича Гарьковца — видного исследователя недр Узбекистана, лауреата Ленинской премии, доктора геолого-минералогических наук.

В. Г. Гарьковец родился 28 октября 1910 г. на станции Туркестан Казахской ССР в семье паровозного машиниста. Трудовую деятельность он начал с 17 лет. С геологической службой Виктор Григорьевич связан более 60 лет — со времени поступления на геологическое отделение физмата САГУ им. В. И. Ленина. Окончив затем в 1934 г. горный факультет Среднеазиатского индустриального института, он прошел большой путь геолога-исследователя от прораба поисково-ревизионной партии до первого заместителя министра геологии Узбекской ССР, вложив много сил и энергии в организацию и проведение поисковых, геологоразведочных, тематических и научно-исследовательских работ, приведших к открытию и передаче в промышленность многих месторождений.

После окончания института В. Г. Гарьковец направляется в Таджикско-Памирскую экспедицию на должность начальника партии по поискам и разведке месторождений олова в Туркестанском хребте. Позднее он работал инженером-проектировщиком, руководителем группы горного проектирования и начальником проектно-эксплуатационного отдела Горно-технического треста.

С 1938 г. он на преподавательской работе в качестве ассистента кафедры полезных ископаемых Среднеазиатского индустриального института. В этот период он выполнял также исследования по теме «Структура рудного поля полиметаллических месторождений хребта Алтын-Топкан и условия локализации рудных тел». В 1940—1941 гг. В. Г. Гарьковец совмещал преподавание с работой в институте геологии Узбекского филиала АН СССР в должности и. о. старшего научного сотрудника. Им был сделан важный вывод о продолжении промышленного оруденения района Алтын-Топкана на глубину, что затем было подтверждено и позволило значительно расширить запасы ценных полиметаллических руд.

По результатам изучения Алтынтопканского рудного поля В. Г. Гарьковец под руководством профессора А. В. Королева подготовил кандидатскую диссертацию.

В связи с решением Правительства УзССР и СССР о необходимости развития черной металлургии в республике, В. Г. Гарьковец с 1942 г. вновь возвращается к производственной деятельности. В годы войны и первые послевоенные годы он осуществлял разведку ряда железорудных месторождений — Туранглы, Абанд, Ирису, Сусинген и др.

С 1950 г. в течение 35 лет В. Г. Гарьковец руководит геологоразведочным производством республики сначала в должности главного геолога Узбекского геологического управления, а затем — первого заместителя министра геологии УзССР. На протяжении своей производственно-научной деятельности он постоянно проявляет чувство высокой ответственности, большое трудолюбие, творческий подход к делу, выдающиеся организаторские способности. Во всех достижениях геологической службы республики трудно переоценить роль



В. Г. Гарьковца. Под его руководством и при непосредственном участии внедрялись эффективные методы геологоразведочных работ, разведывались и передавались в промышленность рудные месторождения, осуществлялись научные разработки. Кроме железорудных месторождений он внес большой вклад в разведку месторождений Кальмакыр, Дальнее, Учкулач, Устарасай, Агата-Чибаргата, Кочбулак, Кызылалмассай и многих других. Особая заслуга принадлежит В. Г. Гарьковцу в открытии и разведке уникального золоторудного месторождения Мурунтау.

С октября 1985 г. Виктор Григорьевич переходит на научную работу в Среднеазиатский научно-исследовательский институт геологии и минерального сырья на должность заведующего отделом геологии полезных ископаемых, а в настоящее время является старшим научным сотрудником — научным консультантом отдела регионального прогнозирования.

Велика роль Виктора Григорьевича как ученого. Им опубликовано свыше 100 научных работ, около десяти из которых — монографии по геологии отдельных месторождений, рудных районов, структурно-металлогеническому районированию территорий Узбекистана. Он является редактором ряда геологических карт республики. В. Г. Гарьковец впервые ввел понятие о Большом Тянь-Шане, выделил рудоносный нижний структурный этаж Южного Тянь-Шаня, обосновал выявление Магнетитового пояса, указал на неразрывную металлогеническую связь Тянь-Шаня с Уралом, что привело к открытию ряда нетрадиционных для республики и Средней Азии в целом рудных месторождений. За эти работы, обобщенные в виде научного доклада на тему «Структурно-металлогеническое районирование и перспективы важнейшего эндогенного оруденения Узбекистана» ему в 1972 г. была присвоена ученая степень доктора геолого-минералогических наук.

Все последующие годы В. Г. Гарьковец посвятил становлению и развитию концепции о литогенном рудообразовании, появление которой тесно связано с открытием и разведкой месторождения Мурунтау. Развивая эту концепцию, В. Г. Гарьковец пытается выявить закономерности литогенного характера условий локализации не только золота, но и редких

металлов — вольфрама, молибдена, олова и др. Он стремится обосновать и найти подтверждение концепции на площади своеобразного магмопересыщенного Среднего Тянь-Шаня путем доказательства осадочных источников гидротермального оруденения.

Многогранные производственные и научные интересы В. Г. Гарьковца и его богатый опыт позволяют ему принимать активное участие в различных научных и ученых советах. Работая в министерстве геологии УзССР, он был заместителем председателя НТС Мингео УзССР, председателем ТКЗ, заместителем редактора Узбекского геологического журнала, членом редколлегии журнала «Советская геология», председателем межведомственного стратиграфического комитета, членом ученых советов АН УзССР, САИГИМС, участвовал в работе ВНТГО и общества «Знание». Неоднократно принимал участие в Международных геологических конгрессах. Весь свой богатый опыт и знания он отдает подготовке кадров — читает лекции в научном учебном центре САИГИМС, работает с аспирантами. Под его научным руководством защищены кандидатские диссертации.

Вступив в Коммунистическую партию в 1955 г., он много сил отдал партийной работе, его неоднократно избирали членом Ленинского райкома КП Узбекистана.

Многолетняя плодотворная деятельность

В. Г. Гарьковца отмечалась высокими государственными наградами — орденом Октябрьской Революции, двумя орденами Трудового Красного Знамени, медалями, Почетными грамотами Президиума Верховного Совета УзССР. Он является Заслуженным геологом Узбекской ССР, Почетным разведчиком недр.

Виктор Григорьевич и сейчас полон сил и энергии и продолжает трудиться на благо нашей Родины.

Коллективы Главного Координационного Геологического Управления «Узбекгеология», Среднеазиатского научно-исследовательского института геологии и минерального сырья и Института геологии и геофизики АН УзССР от имени большого отряда геологов-разведчиков и научных работников от всей души желают Виктору Григорьевичу крепкого здоровья и дальнейших творческих успехов в изучении минеральных богатств Средней Азии.

Редколлегия журнала «Советская геология», членом которой состоял юбиляр, присоединяется к этим пожеланиям.

*Т. Ш. Шаякубов, А. А. Абдумажитов,  
Г. А. Абдурахманов, А. М. Акрамходжаев,  
М. А. Ахмеджанов, А. Б. Габелко,  
И. М. Голованов, А. Д. Джураев,  
Х. К. Каримов, В. А. Леменовский,  
Х. Т. Туляганов, И. Х. Хамрабаев,  
Р. В. Цой, А. З. Юлдашев*

## 85-летие Ольги Денисовны Русановой



«Ольга Денисовна Русанова — известный специалист в области угольной геологии, доктор геолого-минералогических наук, профессор — родилась 27 февраля 1906 г. на железнодорожной станции Янгаджа (Туркмения) в семье железнодорожника. Частые переезды родителей препятствовали систематическим занятиям в школе. Лишь в 20-летнем возрасте она сумела окончить двухгодичные общеобразовательные вечерние курсы, дававшие право поступления в вуз. В 1926 г. она была зачислена на геологический факультет Среднеазиатского университета в Ташкенте. Однако проучилась всего лишь три года — в 1930 г. с четвертого курса она была мобилизована на проведение коллективизации в Северной Киргизии. Только через год, сдав экстерном экзамены, О. Д. Русано-

ва получила диплом инженера-разведчика. Таким образом, она прошла типичный для той — послеоктябрьской — интеллигенции путь: курсы вместо полноценного среднего образования, многочисленные перерывы в учебе, вызванные отвлечением на участие в разного рода кампаниях. Однако благодаря природным данным, упорству и настойчивости это не помешало ей стать крупным специалистом и ученым.

О. Д. Русанова оказалась в составе первого, ускоренного выпуска геологического факультета, предназначавшегося для обеспечения геологоразведочной службы Средней Азии. Отдел угля в Среднеазиатском геологическом комитете возглавлял горный инженер Н. В. Шабаров, обладавший незаурядным организаторским талантом, энтузиаст угольной геологии, оставивший глубокий след в памяти всех, кто с ним сталкивался. К нему и была направлена на практическое обучение студентка второго курса О. Д. Русанова. Первая ее самостоятельная работа завершилась, однако, неудачей: из-за разгула басмачества не удалось закончить геологическую съемку восточной части Сулюктинского угольного месторождения в предгорьях Туркестанского хребта. Сформированный для этой цели отряд был перебазирован в Северную Киргизию.

На новом месте работы, в Чуйской долине, полевой отряд Ольги Денисовны «потеряли»: при разделе Среднеазиатского геологического комитета на республиканские управления геологии его упустили из виду и в Ташкенте, и во Фрунзе. Пришлось некоторое время оставаться без денег, без снаряжения и без продовольствия. Выручил отряд Н. А. Голубин — один из основателей геологической службы

Киргизии, работавший в ту пору во Фрунзе начальником горного надзора.

После завершения полевых работ О. Д. Русанова командирована в Ленинград в ЦНИГРИ (ныне ВСЕГЕИ) для освоения новой науки — углепетрографии. Организованная ею позднее в Ташкенте лаборатория обеспечивала изучение петрографического состава углей всех разведывавшихся месторождений Средней Азии. К этому же времени относится и начало педагогической деятельности О. Д. Русановой, продолжавшейся без перерыва более полувека: сначала на геологоразведочном факультете Среднеазиатского промышленного института (ныне Ташкентский политехнический), а затем, вплоть до 1984 г., в Свердловском горном институте.

В результате исследований петрографического состава углей различных месторождений О. Д. Русанова собрала огромный фактический материал, анализ которого привел ее к выводам, противоречащим утвердившимся к тому времени в науке канонам о процессах углеобразования, базировавшимся на незыблемом представлении о ведущей роли метаморфогенеза. Оказалось, что все разнообразие технологических марок углей никак не укладывается в рамки единой схемы термального (глубинного) метаморфизма растительных остатков: в углях разных марок устанавливаются свои наборы углеобразующих компонентов. Закономерности размещения угленосных бассейнов контролируются в основном тектоническим фактором, а климатический и фитогеологический факторы обуславливают концентрацию и качество углей. Иначе говоря, технологическая марка угля зависит не столько от степени его метаморфизма, сколько от исходного состава захороненного растительного материала. С такими идеями Ольга Денисовна выступила в 1950 г. в Ленинградском горном институте на защите докторской диссертации. Защита проходила при отрицательных отзывах всех трех официальных оппонентов — приверженцев традиционной школы (беспрецедентный в практике ВАК случай!). Утверждение докторской степени состоялось через год. Вскоре О. Д. Русановой было присвоено звание профессора.

Лекции Ольги Денисовны по геологии каустобиолитов отличались логической строй-

ностью, обилием фактического материала. Среди ее учеников известные геологи-угольщики, более 10 кандидатов геолого-минералогических наук по угольной специальности, ранее в связи с успехами нефтяной и газовой геологии недооценивавшейся (сейчас, как известно, уголь снова занял подобающее место в топливно-энергетическом комплексе страны, однако специалистов по угольной геологии у нас осталось очень мало).

В годы Великой Отечественной войны О. Д. Русанова проводила исследования, направленные на установление технологических марок углей среднеазиатских месторождений, выявление их разностей, пригодных для коксования.

Перу Ольги Денисовны принадлежит большое число публикаций, в т. ч. несколько монографий, среди которых необходимо особо отметить работу, вышедшую в 1988 г. написанную в соавторстве с ее учениками. Она является как бы итоговой, поскольку в ней отражены последние представления О. Д. Русановой о петрографии углей, условиях их образования. В круг интересов Ольги Денисовны входили и проблемы, прямо не связанные с угольной геологией. Так, ей принадлежит гипотеза о возможном образовании алмазов при низких температурах и в необычных средах. Подобные представления в настоящее время получили широкое признание в научной литературе.

Выйдя на пенсию и снова вернувшись в Ташкент, О. Д. Русанова не прекратила научной деятельности. Она систематически консультирует геологов-угольщиков, пишет статьи. В журнале «Советская геология» (1990, № 8) опубликована статья, содержащая ее «научное кредо» в отношении петрологии углей и их генезиса.

Ольга Денисовна Русанова принимала активное участие в общественной деятельности. Она — ветеран партии, неоднократно избиралась в партбюро института, была членом Ташкентского горкома партии. Ее труд отмечен орденом Трудового Красного Знамени, медалями, Почетными грамотами.

Желаем дорогой, многоуважаемой Ольге Денисовне крепкого здоровья.

*Благодарные ученики:*

### *Исправление*

В журнале № 1, 1991 г. на 3-й странице обложки следует читать: «333620, г. Симферополь, пр. Кирова, 47/2, ИМР»



**МОЖЕТ БЫТЬ ЭТО ВАШ ШАНС!**

**ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ В ГЕОЛОГИИ —  
НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ**

**— ЭТО ВЫСТАВКА, КОТОРАЯ СОСТОИТСЯ  
В СЕНТЯБРЕ—ДЕКАБРЕ 1991 г.  
НА ВДНХ СССР В ПАВИЛЬОНЕ «ГЕОЛОГИЯ»**

К участию в выставке приглашаются предприятия и организации Мингео СССР и других отраслей народного хозяйства и науки, располагающие конкурентоспособными разработками в области использования аэрокосмической информации в геологических целях (аппаратура, методика, технология и т. д.).

*На базе выставки будет организована ярмарка, коммерческий центр которой окажет участникам содействие в поиске потребителей научно-технических разработок и готовой продукции, помощь и консультации по оформлению договоров и контрактов, обеспечит издание и распространение рекламных материалов.*

**ВЫСТАВКА И ЯРМАРКА ПРОВОДЯТСЯ НА КОММЕРЧЕСКОЙ ОСНОВЕ.**

**РЕГИСТРАЦИЯ УЧАСТНИКОВ ДО 1 МАЯ 1991 г.**

Телефон для справок: 350-02-25 (Москва, объединение «Аэро-геология»)

# P & A INTERNATIONAL CONTACTS



**АМЕРИКАНСКАЯ КОМПАНИЯ ИЩЕТ ПАРТНЕРОВ  
В СССР ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ СОВМЕСТНОГО  
ПРЕДПРИЯТИЯ**

Компания "P&A International Contacts"  
(США) готова рассмотреть предложения от  
советских предприятий и организаций о созда-  
нии совместного предприятия с участием аме-  
риканской стороны в размере 50000 долларов  
США.

Возможны варианты реализации в США  
готовой продукции, сырья, отходов, а также  
модернизация производства с целью выпуска  
продукции, реализуемой на западном рынке.

Также принимаются предложения о сотруд-  
ничестве в области рекламы, издательского  
бизнеса, изобразительного искусства, туризма и  
т.п.

**ПИСАТЬ В США  
(МОЖНО НА РУССКОМ  
ЯЗЫКЕ) ПО АДРЕСУ:**

**"P&A International Con-  
tacts",**

**P.O.Box 6578**

**Broadway Station**

**21-17 Broadway,**

**L.I.C., New York**

**11106-9998, USA**

## Contents

### METHODOLOGY, ECONOMICS, MANAGEMENT

- Karger D. M., Sandomirskiy S. A., Svetlov S. A.*  
Statistic evaluation of geological resources on the basis of various information obtained from detailed prospecting . . . 3

### ENERGY RESOURCES

- Bakirov K. Kh., Daumov S. G., Zhurkov O. A.*  
Oil and gas content prediction and zonation of Zalairskaya series lying in the east of the Caspian Depression . . . 11

- Dal'yan I. B., Bulekbaev Z. E., Abakhanov A. A.*  
Hydrogeological and hydrochemical conditions of oil and gas fields beneath the eastern margin of the Caspian Depression . . . 19

- Goldberg I. S., Mitskevich A. A., Lebedeva G. V., Solodukhin V. P.*  
Mineral composition and ore specific features of Phanerozoic black shales . . . 23

### METALS AND NON-METALS

- Petrukha L. M.*  
Ore bodies shapes of chalcopyrite deposits . . . 30
- Zhidkov A. Ya., Zotova I. F.*  
Comparative analysis of Synnyrskiy and Khibinskiy plutons . . . 37

### REGIONAL GEOLOGY AND TECTONICS

- Zaporozhtseva I. V., Pystin A. M.*  
A stratified-block model of Prephanerozoic lithosphere of the European North of the USSR . . . 45
- Popkov V. I.*  
Folded-nappe dislocations of Buzachi Peninsula . . . 50

### MINERALOGY, PETROGRAPHY, LITHOLOGY

- Seberin A. P., Men'shagin Yu. V., Lushchenov V. A.*  
Riphean basite formations of the Uriksko-Tumanshetskaya zone in the Sayany region . . . 58

### GEOPHYSICS AND DEPTH STRUCTURE

- Parasgna V. S., Vasil'ev V. V., Stepi-na V. A., Laskina N. S., Fedotov S. L.*  
Seismostratigraphic studies in the Central Khorezmiskaya zone . . . 65

### GEOECOLOGY

- Zarubinskiy Ya. I.*  
Basic features of monitoring of the geological environment in the areas affected by coal mining . . . 72

### SCIENTIFIC FINDINGS AND INVENTIONS

- Pototskiy V. V., Tyminskiy L. G., Tsekhmistrenko N. M.*  
Scientific findings in the field of geology and their contribution to the acceleration of scientific-technical progress *Frolov N. M.* . . . 79
- Basic hydrogeological ideas as scientific findings . . . 85

### DISCUSSIONS

- Burde A. I., Stolpner M. N.*  
Methodological fundamentals of the construction of prediction-search models . . . 88
- The 80-th anniversary of Victor Grigor'evich Gar'kovets . . . 93
- The 85-th anniversary of Olga Denisovna Rusanova . . . 94