

СОВЕТСКАЯ ГЕОЛОГИЯ

ISSN 0038-5069

2/1987



Ежемесячный
научный журнал

Пролетарии всех стран, соединяйтесь!

СОВЕТСКАЯ 2/1987 ГЕОЛОГИЯ

Ежемесячный научный журнал
Орган Министерства геологии СССР
Основан в 1933 году

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор **В. М. ВОЛКОВ**

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



МОСКВА, «НЕДРА»

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

РЕШЕНИЯ XXVII СЪЕЗДА КПСС — В ЖИЗНЬ

Локальный прогноз месторождений и основные задачи дальнейших исследований	3
Золотов А. Н., Лебедев Б. А., Самсонов В. В.	
Зоны нефтегазонакопления — объекты локального прогноза	5
Нестеров И. И., Шпильман В. И. Плавник Г. И., Судат Л. Г.	
Методика локального прогноза нефтегазоносности	16
Ручкин Г. В., Конкин В. Д., Володин Р. Н.	
Принципы металлогенического районирования докембрия СССР на стратиформные руды цветных металлов	26
Ведерников Н. Н., Баталин Ю. В., Аксенов Е. М., Михайлов А. С., Тихвинский И. Н., Файзуллин Р. М., Шаманский И. Л.	
Состояние и задачи локального прогноза нерудных полезных ископаемых	36
Филатов Е. И., Ширай Е. П.	
Формационный анализ в прогнозных исследованиях	45
Стоппнер М. Н., Фокин А. Ф., Чупров В. В., Бурдэ А. И.	
Методические основы геофизических исследований при локальном прогнозе месторождений твердых полезных ископаемых	56
Каждан А. Б.	
Условия эффективного локального прогноза рудоносности	63
Апельцин Ф. Р.	
О некоторых методологических вопросах локального прогнозирования	69
Иванов В. В., Бескин С. М., Зубов М. А., Лешневский Э. Н., Цыганов А. Е.	
Методические приемы локального прогноза редкометальных месторождений	73

ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ СЫРЬЕ

Назаркин Л. А.	
Зависимость газонасыщенности пермских, мезозойских и кайнозойских отложений от палеоклиматических условий их накопления	76

СТРАТИГРАФИЯ И ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ

Садовников Г. Н.	
К стратиграфии пермо-триасовых отложений Тунгусского бассейна	84

РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ТЕКТНИКА

Федоров Е. Г.	
Олистостромы и олистолиты в карбоне Южного Тянь-Шаня	89

МИНЕРАЛОГИЯ, ПЕТРОГРАФИЯ, ЛИТОЛОГИЯ

Капустин Ю. Л.	
Кимберлиты, кимберлитоподобные породы и проблема алмазонасыщенности трубок взрыва	96

ГЕОФИЗИКА И ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ

Молоткова М. Н.	
Прогнозные геофизические признаки редкометальных месторождений Забайкалья и Центрального Казахстана	110
90-летие Нестора Ивановича Толстухина	122

РЕЦЕНЗИИ

Буялов Н. И., Шкатов В. К.	
Экономика минерального сырья как наука	123
Памяти Всеволода Андреевича Вахрамеева	125

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

Сдано в набор 24.12.86. Подписано в печать 14.01.87. Т-06912. Формат 70×108¹/₁₆. Печать высокая. Усл. печ. л. 11,2. Усл. кр.-отт. 11,55. Уч.-изд. л. 13,0. Тираж 2985 экз. Заказ № 1482

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

Локальный прогноз месторождений и основные задачи дальнейших исследований

Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года предусмотрено повышение уровня научного обоснования прогнозов и геолого-экономической оценки месторождений полезных ископаемых. Для решения этой задачи первоочередное значение имеют разработка и внедрение прогрессивных методик прогноза, существенное повышение достоверности прогнозных построений, отчего в немалой степени зависят результативность и эффективность геологоразведочных работ. Особую актуальность эти исследования приобрели в связи со значительным увеличением в текущей пятилетке доли поисковых и поисково-оценочных работ, направленных на создание необходимого «задела» объектов для последующей разведки. Большие объемы геологоразведочных работ будут выполнены в районах действующих горнорудных предприятий. Ответственность за достоверность и качество прогнозных построений существенно возрастает с введением в систему Министерства геологии СССР противозатратного хозяйственного механизма, реализация которого требует эффективных прогнозных решений с обеспечением получения на каждой стадии геологоразведочного процесса конкретных геологических результатов с оценкой прогнозных ресурсов и запасов соответствующих категорий.

В данном номере журнала публикуется ряд статей, отражающих состояние исследований по методологии и методикам локального прогноза месторождений важнейших видов минерального сырья. Этой актуальной проблеме, в частности, было посвящено Всесоюзное совещание на тему «Формационный анализ как основа крупномасштабного прогноза и поисков месторождений цветных, редких и благородных металлов» в октябре 1986 г. (г. Баку).

Результативность и эффективность геологоразведочных работ решающим образом зависят от научного обоснования их направлений и выбора объектов, от того, насколько достоверны используемые методики крупномасштабного и локального прогноза. В современной стадии геологоразведочного процесса прогнозные исследования предшествуют каждой из стадий и занимают «предпроектное» положение с задачей обоснования выбора наиболее перспективных площадей и оценки прогнозных ресурсов.

Региональные геологические и прогноз-металлогенические работы имеют целью: 1) выделение потенциальных рудных районов с оценкой прогнозных ресурсов категории P_3 ; 2) составление государственных геологических карт масштаба 1:50 000 с проведением общих поисков, что обеспечивает выявление потенциальных рудных полей и ресурсов категории P_2 ; 3) выявление поисковыми работами перспективных участков и ресурсов категорий P_2 и P_1 ; 4) выделение по итогам поисково-оценочных работ площадей потенциальных месторождений, ресурсов категории P_1 и запасов категории C_2 ; 5) выявление предварительной разведкой промышленно значимого месторождения, запасов категорий C_1 и C_2 и ресурсов категории P_1 .

Соответственно выделяются региональный (ресурсы категории P_3) и крупномасштабный (ресурсы категории P_2) уровни прогноза. Важнейшее значение имеют исследования по обоснованию выявления ресурсов категории P_1 и запасов категории C_2 .

Задача прогнозных исследований, проводимых по итогам предшествующих стадий до постановки работ данной стадии, — определить по геологической ситуации, дополненной геофизической и геохимической информацией, пространственное положение тех категорий площадей и прогнозных ресурсов, которые должны быть выявлены в результате выполнения намечаемой стадии.

Требования к методологическому содержанию прогнозных исследований определяются тем, что каждая стадия геологоразведочных работ обеспечивает получение собственного комплекса геологических, геофизических и геохимических характеристик.

За истекшее пятилетие интенсивное развитие получили формационные основы металлогении, широко используемые в прогнозных построениях. Существо формацион-

ного подхода заключается в том, что месторождения полезных ископаемых рассматриваются в качестве естественных составляющих определенных геологических формаций либо сочетаний таких формаций. Соответственно, формационные характеристики той или иной геологической обстановки служат основой для прогноза месторождений определенных рудноформационных типов. В разработке формационных основ металлогении и прогнозных построений советской геологической школой достигнуты определенные успехи, которые требуют дальнейшего интенсивного развития, в первую очередь с целью создания и внедрения прикладных методик.

Существенное значение для прогнозных построений имеет создание и внедрение рудноформационных классификаций, отвечающих задачам прогноза, в первую очередь локального. Если в отношении определения и выделения геологических формаций ситуация более или менее удовлетворительная, то положение с классификациями рудных формаций вызывает серьезное беспокойство.

Как известно, довольно широко распространены рудноформационные классификации, базирующиеся на минеральных парагенезисах, условиях рудообразования, механизме рудоотложения. Такие классификации применимы для группировки уже обнаруженных и изученных месторождений, но они не позволяют прогнозировать новые объекты, поскольку используемые в них характеристики, как правило, неизвестны на ранних стадиях геологоразведочных работ. Для создания эффективных рудноформационных классификаций необходим не только учет требований прогнозных построений и исходной информации, но и пересмотр некоторых представлений и понятий.

С участием многих организаций Министерства геологии СССР создана методологическая база формационных основ прогнозно-металлогенических исследований. Для ряда полезных ископаемых применительно к ведущим типам месторождений разработаны рудноформационные классификации, внедрены методические руководства по прогнозу.

Актуальным остается упорядочение понятийной и классификационной базы формационного анализа, увязанной с задачами и содержанием геологоразведочных работ различных стадий.

Опыт прогнозно-металлогенических исследований, выполненных за последние годы, подтвердил эффективность использования формационных основ, позволил определить пределы их «разрешающих возможностей» и направления дальнейших исследований.

Собственно формационные признаки и характеристики позволяют осуществить прогноз только до уровня потенциальных рудных районов с оценкой прогнозных ресурсов категории P_3 . Дальнейшая локализация перспективных площадей требует дополнения формационных факторов комплексом признаков потенциальных рудных полей, перспективных участков и площадей потенциальных месторождений. Для каждого объекта прогноза и эквивалентной стадии работ необходим собственный набор признаков, доступных для обнаружения соответствующими комплексами методов.

Прогнозные и поисковые признаки эквивалентны элементам моделей рудных полей и месторождений и отражению этих элементов в геохимических и геофизических характеристиках геологического пространства. Подобные модели объектов прогноза и поисков формируются на основе комплексного изучения месторождений применительно к каждому геолого-промышленному или рудноформационному типу.

При создании моделей объектов прогноза и комплекса прогнозно-поисковых признаков учитываются реальные обстановки нахождения месторождений, закономерности их размещения и генетические концепции в непротиворечивых соотношениях, результаты поисковой практики и используемые поисковые методы.

Модели объектов являются основой прогнозно-поисковых комплексов, представляющих прогрессивные технологии геологоразведочного процесса и связывающих воедино для каждой стадии методы, признаки и объекты. При формировании прогнозно-поисковых комплексов из элементов, описывающих модели, выбираются такие, которые могут быть использованы в качестве прогнозно-поисковых признаков на соответствующих стадиях работ; проводится оценка опознаваемости объекта признаками и их сочетаниями в разных условиях прогноза и поисков; оценивается возможность выявления признаков различными методами и их сочетаниями; определяются признаки и методы, обеспечивающие решение задач каждой стадии, т. е. выявление соответствующих объектов и прогнозных ресурсов.

В настоящее время главным образом коллективами ЦНИГРИ и ВИРГА созданы и широко внедряются в производство прогнозно-поисковые комплексы для месторождений цветных и благородных металлов; для месторождений других полезных ископаемых аналогичные разработки предусмотрены Отраслевой научно-технической программой.

Типовые прогнозно-поисковые комплексы, адаптированные к условиям ведения работ, служат объективной основой для расчета лимитных затрат и их планирования на геологоразведочные работы по конечному результату — получению прогнозных ресурсов и приростов запасов.

Полный цикл геологоразведочного процесса на той или иной территории имеет целью выявление в пределах металлогенической зоны промышленно значимого объекта и в наиболее общем случае должен обеспечивать перевод металлогенического потенциала в ресурсы категории P_3 , P_3 в P_2 , P_2 в P_1 , P_1 в C_2 и C_2 в C_1 . При благоприятных условиях ведения поисков возможны отклонения от приведенной последовательности, но только на отдельных участках с наличием объектов. Возможны «обрывы» этой последовательности в любом звене, выведение неперспективных площадей из дальнейшего изучения, что связано с вероятностным характером геологоразведочного процесса, но может быть и следствием недостаточного уровня геолого-генетических основ прогноза и поисков.

Следует отметить, что пока не проведен объективный анализ причин «отказов» на представительном материале, а это позволило бы выявить влияние на них различных факторов. Такие исследования предусмотрены в текущей пятилетке посредством накопления соответствующей информации по ежегодно завершаемым работам.

Для целей долгосрочного планирования геологоразведочных работ, определения затрат на получение приростов запасов за счет прогнозных ресурсов важное значение имеет статистическая оценка коэффициентов перевода ресурсов из категории в категорию (коэффициентов «отхода»). Такие данные имеются лишь по части полезных ископаемых на основе экспертных оценок, теперь нужно определить эти коэффициенты применительно к крупным геологически однородным территориям.

Накопленный в отрасли опыт прогноза обобщен в издаваемых методических рекомендациях по оценке прогнозных ресурсов, которые требуют широкой апробации на практике, уточнений с учетом новых данных и последующего их переиздания.

Основные усилия в области разработки геолого-генетических основ и методик прогноза необходимо сосредоточить на следующих главных направлениях:

унификация понятийной базы формационного анализа, включая разработку взаимосвязанных классификаций геологических, рудных и метасоматических формаций в соответствии с содержанием работ по прогнозу и поискам;

разработка моделей объектов прогноза и поисков как основ для создания методик локального прогноза и эффективных прогнозно-поисковых комплексов;

создание основ прогноза малораспространенных и новых типов месторождений, а также крупных и уникальных объектов;

адаптации созданных прогнозно-поисковых комплексов к конкретным условиям их применения, создание и внедрение новых прогнозно-поисковых комплексов.

Эти направления исследований предусмотрены соответствующими заданиями Отраслевой научно-технической программы Министерства геологии СССР на 1986—1990 годы.

УДК 553.981'982.2.063.15.044

А. Н. ЗОЛОТОВ (Мингео СССР), Б. А. ЛЕБЕДЕВ, В. В. САМСОНОВ (ВНИГРИ)

Зоны нефтегазоаккумуляции — объекты локального прогноза

В настоящее время в развитии нефтегазовой геологии происходят существенные изменения. Привычной гравитационной моделью формирования

углеводородных скоплений уже нельзя объяснить разнообразные условия их распространения [6]. Несмотря на то что основные запасы нефти и газа со-

средоточены в антиклинальных ловушках, все большее значение при подготовке запасов нефти и газа приобретают нетрадиционные залежи в неизвестных ранее зонах нефтегазоаккумуляции (тюменская и баженовская свиты, клиноформные песчаные горизонты неокма Западной Сибири). В последние годы появились сведения о крупнейших скоплениях газа в синклиналях Канады, связанных с гидродинамическими и криогенными экранами. Все это значительно расширяет диапазон условий, в которых могут быть обнаружены промышленные ресурсы углеводородного сырья.

Современная методика поисковых работ включает несколько основных этапов. Первый из них — нефтегеологическое районирование, т. е. выделение провинции областей, районов и зон. Деление проводится в соответствии с современной тектонической структурой. Второй этап — расчет прогнозных ресурсов нефти и газа, осуществляемый на основе метода аналогий. При этом сравниваются хорошо разведанные эталонные и слабо изученные расчетные участки, причем за последние обычно принимаются нефтегазоносные районы и зоны, т. е. объекты нефтегеологического районирования. Третий этап — локализация ресурсов, т. е. подготовка локальных объектов в пределах расчетных участков, сначала менее достоверных (D_1), а затем более достоверных (C_3). Выделенные локальные объекты и являются главными участками поисковых работ.

Эта строгая система уже не обеспечивает высокой эффективности геологоразведочного процесса. Главная причина в том, что после разведки и до разведки наиболее выраженных антиклинальных зон остаточные ресурсы (а они во всех провинциях составляют около половины общих ресурсов) оказываются рассредоточенными по площади в малоамплитудных поднятиях и неструктурных ловушках в разных интервалах разреза на участках, как правило, не совпадающих в плане. Различное пространственное положение зон регионального стратиграфического и литологического выклинивания, барьерных рифов, серий так называемых запечатанных ловушек, вторичных коллекторов в карбонатных

толщах, гидродинамических, капиллярное выделение ЗНГН, как правило, не ных экранов, и тем более газогидратмет смысла при прогнозе и к тому ных зон обязательно должно учитывать требует слишком большого объема ваться при поисковых работах. фактических данных.

Пока ловушки четко классифицируются только по условиям накопления пород-коллекторов и по их генетической связи с экраняющими латеральными барьерами, но даже такая классификация насчитывает до десяти и более типов. Если же учитывать состав коллекторов и покрышек, особенности вторичных преобразований пород и другие признаки, то число разновидностей возрастает до многих десятков. Именно многообразие неантиклинальных залежей, а соответствие их выраженности в геофизических, геохимических полях делает мало эффективными прямые поиски, направленные на выявление залежей без учета свойств более крупных геологических объектов — зон нефтегазоаккумуляции (ЗНГН). Поскольку освоение значительной части прогнозных ресурсов в ближайшее время будет связано с разнотипными ЗНГН, необходимо определить их в качестве главных поисковых объектов.

Понятие о зонах нефтегазоаккумуляции. По-видимому, существенное повышение эффективности поисков может быть достигнуто изучением локальных неантиклинальных объектов не сами по себе, а как составных частей систем — зон нефтегазоаккумуляции. Однако само понятие крайне неопределенно [1, 3, 4, 9]. Со справедливой критикой понятийной базы в нефтяной геологии выступили А. А. Трофимов, Ю. Н. Карогодин и Э. Б. Мовшович [11]. Мы считаем, что под ЗНГН следует понимать определенную систему ловушек, которая служит объектом поисковых работ.

Иногда нефтегазоносные зоны, приуроченные к поднятиям (обычно второго порядка), могут точно совпадать с ЗНГН, которые часто выделяются в пределах всего осадочного чехла. Однако в большинстве случаев эти зоны не совпадают, и отклонение тем сильнее, чем больше влияние свойств пород на размещение залежей в конкретных интервалах разреза. Хотя нефтегазоносность каждого пласта-коллектора имеет свои особенности и меняется по площади, соответствующее др

газогидратная и подгидратная (криогенная) зона;

зона на перегибе крутой моноклинали, где мощный инфильтрационный поток создает региональный гидродинамический барьер.

Возможно обнаружение неизвестных нам экранированных коллекторских систем, физическое состояние которых благоприятно для аккумуляции углеводородов. Каждая система характеризуется преобладанием ловушек определенных типов. В ЗНГН, связанных с современными поднятиями, распространены преимущественно антиклинальные и антиклинально-литологические ловушки, в зонах стратиграфического выклинивания — стратиграфические и антиклинально-стратиграфические, на палеоподнятиях — литологические эпигенетические (запечатанные) и т. п.

Разумеется, не всякая система ловушек является ЗНГН. Как известно, наличие залежей определяется четырьмя этапами: генерацией, миграцией, аккумуляцией и сохранностью УВ. Однако поскольку выделение ЗНГН проводится только в пределах перспективных территорий, два первых этапа можно не рассматривать. Тогда степень обогащенности ЗНГН относительно смежных территорий и характер распределения залежей определяются почти исключительно условиями аккумуляции УВ и сохранностью сформированных залежей в ходе последующей истории развития. Если систему ловушек характеризует неоднородность пород по физическим параметрам (пористости и проницаемости), то механизм аккумуляции определяется свойствами заключенных в поровом пространстве флюидов.

Аккумуляция с определенной условностью подразделяется на гравитационную, гидродинамическую и компрессионную (термобарическую). При гравитационном режиме УВ накапливаются за счет их всплывания в воде из-за различия по плотности. Всплывание может происходить вверх при отсутствии покрышек или латерально по восстанию пласта при наличии надежной покрышки. Различаются равномерный и пульсационный характеры миграции в зависимости от общаемости проницаемых участков

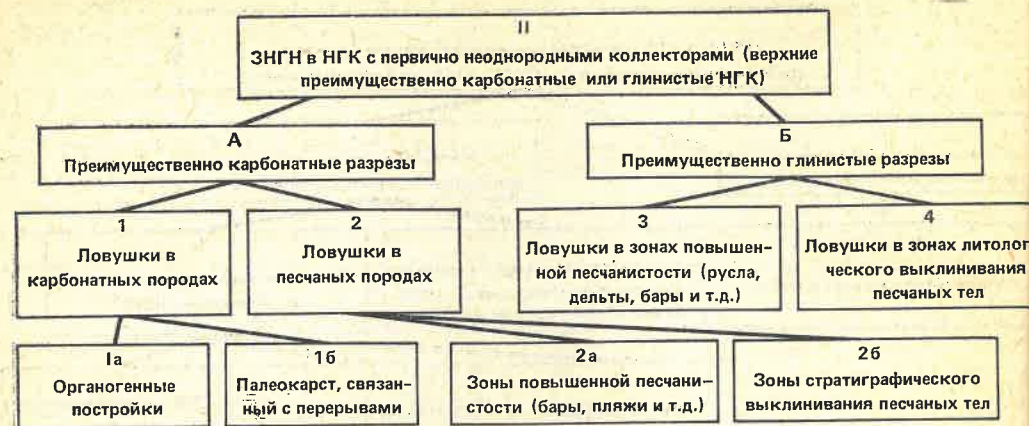


Рис. 2. Классификация зон нефтегазонакопления в НГК с первично неоднородными коллекторами

проницаемыми участками достигается только на этапах тектонической активизации при раскрытии трещин. Неравномерность эпигенетических процессов, накладывающаяся на первичную неоднородность, обуславливает сложность перемещения флюидов, сильные колебания пластовых давлений и температур, состава вод и УВ. Преобладают залежи со сложной и длительной историей развития.

Классификация ЗНГН проводится по группам НГК (рис. 1—6). В НГК I группы выделяются две подгруппы по особенностям чередования проницаемых и изолирующих тел. В подгруппе А только региональная покровка имеет значительные мощность и протяженность, тогда как другие глинистые тела прерывисты. Это свойственно

НГК, в которых проницаемые части сложены преимущественно континентальными отложениями. Так, в верхнепермско-мезозойском НГК Тиманской Печорской провинции преобладают ЗНГН типа 1, для которых типична решающая роль относительной гипсометрии локальных поднятий, их размеров, амплитуд и других морфологических признаков.

В ритмичных НГК (подгруппа Б) протяженные песчаные тела чередуются со столь же протяженными глинистыми экранами, что характерно для отложений, накапливающихся в крупных, длительно существующих морских бассейнах. Примером может служить меловой НГК широтного Приобья Западной Сибири. В таких НГК формируются ЗНГН типа 2, обычно ориентированные

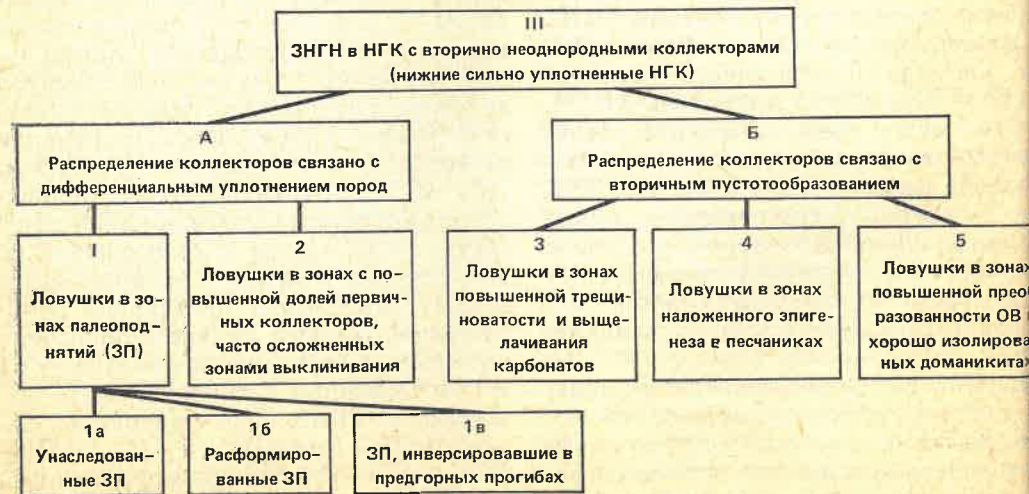


Рис. 3. Классификация зон нефтегазонакопления в НГК с вторично неоднородными коллекторами

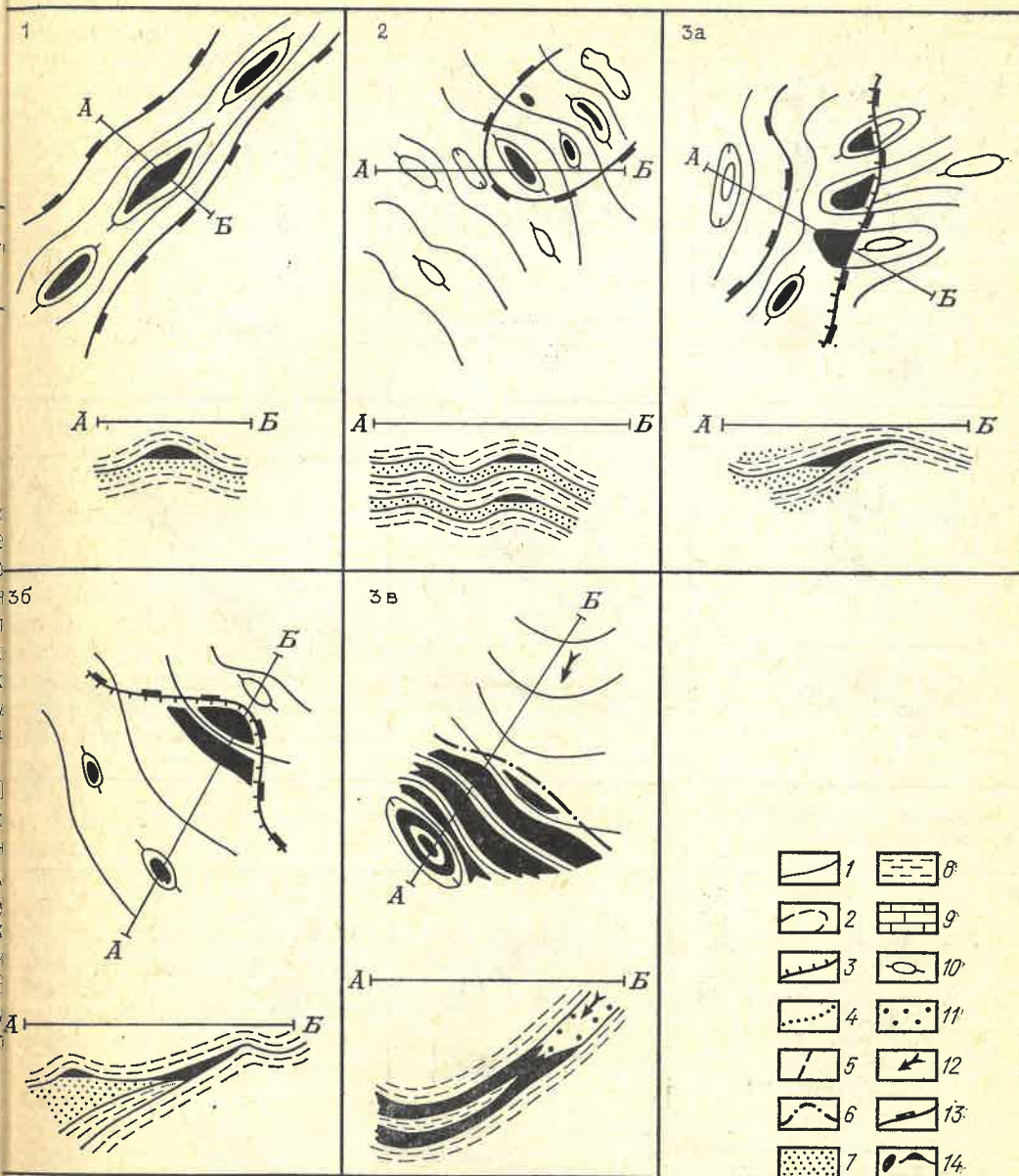


Рис. 4. Модели зон нефтегазонакопления для НГК I группы (типы 1—3)

1 — изогипсы подошвы основной (обычно региональной) покровки; 2 — контуры палеоподнятий; 3 — линии выклинивания проницаемых пород; 4 — границы зон с повышенной песчаностью; 5 — зоны

разломов; 6 — границы зон улучшенных коллекторов; 7 — песчаники; 8 — глинистые и другие покровки; 9 — карбонатные породы; 10 — органогенные постройки; 11 — улучшенные коллекторы; 12 — направления движения вод, создающие гидродинамический барьер; 13 — границы ЗНГН; 14 — скопления УВ.

рованные согласно максимальным градиентам изменения наклона структурной поверхности. Кроме того, распространены ЗНГН, связанные с зонами регионального стратиграфического и литологического выклинивания проницаемых песчаных тел (тип 3). Как правило, это не отдельные зоны выклинивания, а серии таких

зон, связанные с условиями развития палеоструктуры. Соответственно и классификация ведется по особенностям структуры. Выделяются ЗНГН, приуроченные к склонам внутренних поднятий (подтип 3а — ЗНГН на склоне поднятия Сэбин в Галф-Косте, с крупнейшим месторождением нефти в мире Ист-Тексас); к пологим внешним

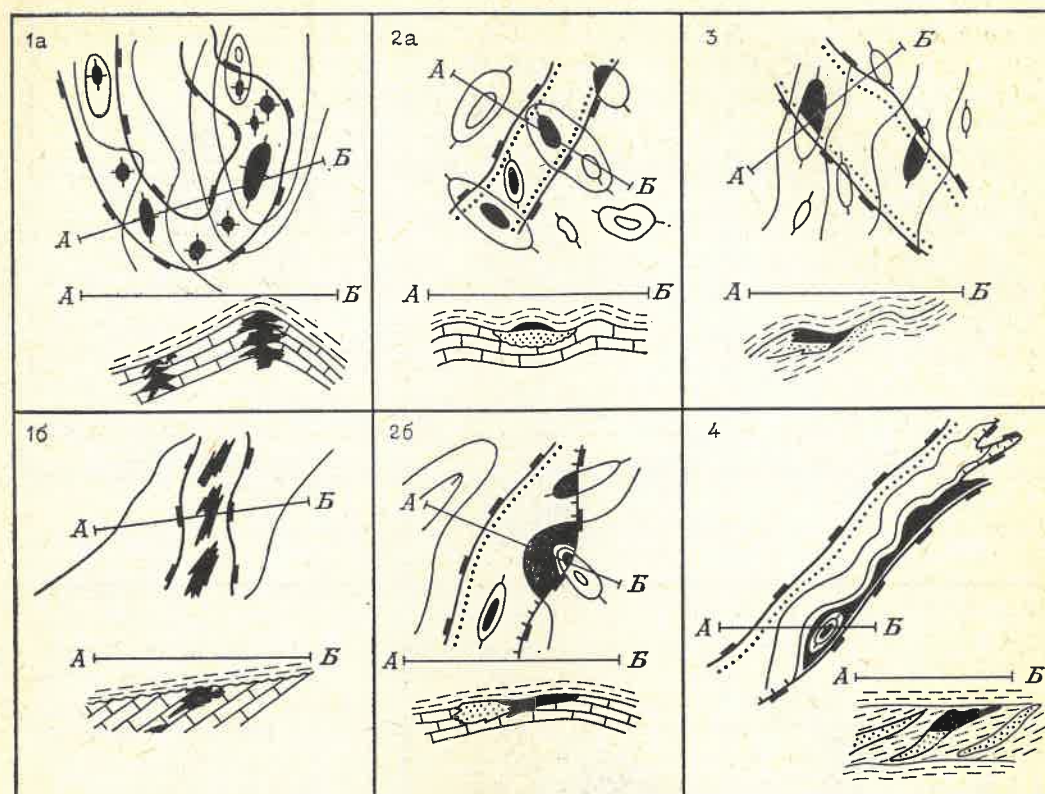


Рис. 5. Модели зон нефтегазоаккумуляции для НГК II группы (типы 1—4)
Усл. обозн. см. рис. 4

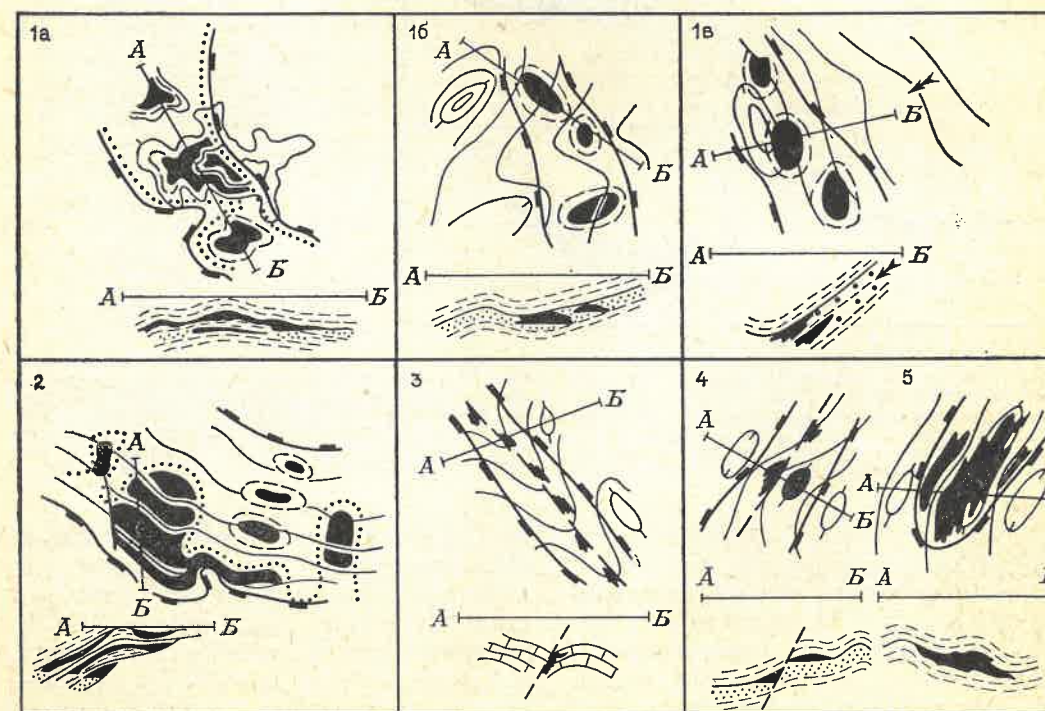


Рис. 6. Модели зон нефтегазоаккумуляции для НГК III группы (типы 1—5)
Усл. обозн. см. рис. 4

оноклиналям (подтип 3б — битуминозные пески Атабаски в Западно-Канадском бассейне); крутым внешним онклиналям (подтип 3в — ЗНГН в том же Западно-Канадском бассейне с месторождением Милк-Ривер). Для ЗНГН подтипа 3в характерны гидродинамический фактор и обязательное наличие литологического барьера.

НГК II группы классифицируются по другим принципам. Выделяются преимущественно карбонатные (подгруппа А) и преимущественно глинистые (подгруппа Б) НГК. Главное их отличие состоит в больших масштабах вертикальной миграции в карбонатных разрезах и соответственно в лучшем совпадении в плане залежей, относящихся к разным интервалам разреза. Преимущественно карбонатные НГК выделяются ЗНГН, нефтегазоносность которых связана с карбонатными и песчаными породами. Среди карбонатных коллекторов обособляются ЗНГН, приуроченные к группам однотипных органогенных построек (подтип 1а — толл Хорсшу в Пермском бассейне США) и к отложениям после накопления которых наблюдается крупный перерыв (подтип 1б — Соурис-Валли в впадине Уиллистон в Канаде). В карбонатных разрезах, где нефтегазоносны песчаные коллекторы, выделяются ЗНГН, приуроченные к зонам повышенной песчанистости (подтип 1в — пенсильванско-пермский НГК бассейна Мидленд в США) и к зонам регионального стратиграфического выклинивания песчаных тел (подтип 2 — Форест-Сити в пенсильванско-пермском НГК Западного Внутреннего бассейна США). В преимущественно глинистых НГК выделяются два сходных типа ЗНГН: приуроченные к ложам с повышенной песчанистостью (тип 3 — ЗНГН в меловом НГК бассейна Паудер-Ривер, Скалистые Горы) и к зонам выклинивания серий близких по генезису песчаных тел внутри общей глинистой толщи (тип 4 — ЗНГН в песчаниках внутри верхнеюрно-валанжинской региональной по-вышки в Западной Сибири).

Наиболее сложны и разнообразны по типам ЗНГН, относящиеся к НГК I группы. От первичных коллекторов в результате их сильного уплотнения

здесь остается всего 10—20 %, меньше также эффективных коллекторов, способных обеспечить промышленные скопления УВ. Коллекторы распределены в виде изолированных друг от друга линз и являются основными ЗНГН. Именно применительно к этой группе НГК справедливо правило: открытие достаточно крупной эффективной емкости означает открытие залежей УВ. Выделяются две подгруппы НГК, первая из которых характеризуется сохранностью первичных коллекторов главным образом за счет заторможенного уплотнения в ловушках, заполненных УВ (подгруппа А); вторая — формированием вторичных коллекторов в процессе эпигенеза (подгруппа Б). В НГК подгруппы А подавляющая масса ЗНГН связана с палеоподнятиями, которые на ранних этапах развития служат зонами аккумуляции УВ.

По особенностям развития таких палеоподнятий выделяются три подтипа ЗНГН: развивающихся унаследованно до современного этапа (подтип 1а — Краснотенский свод Западной Сибири); расформировавшихся на поздних этапах развития (подтип 1б — юрский НГК Широкого Приобья и севера Западной Сибири); превратившихся на поздних этапах развития из палеоподнятия в современную впадину (подтип 1в — бассейн Дип-Бэйсин в Канаде и США). Для последнего подтипа ЗНГН характерно сочетание гидродинамического барьера с литологическим [2]. В особый тип 2 выделены ЗНГН, где, помимо палеотектонического контроля, существенную роль играют распределение коллекторов и наличие зон регионального стратиграфического и литологического выклинивания (вендские терригенные и, вероятно, карбонатные подсолевые отложения Сибирской платформы). В подгруппу Б выделяются ЗНГН, связанные с зонами повышенной трещиноватости и выщелачивания карбонатных пород (тип 3 — ЗНГН в Мичиганском бассейне с месторождением Пуласки) и песчаных пород (тип 4 — молодые складчатые области), а также ЗНГН в доманикитах, где автохтонные залежи образуются при достижении определенных температур в условиях надежной изоляции [8] (тип 5 — Салым-

ская ЗНГН в баженовских отложениях Западной Сибири).

Методика картирования ЗНГН. Карты ЗНГН составляются сейчас для разных частей разреза и разных районов. Однако единой методики, пригодной для любых объектов, пока нет, и это сдерживает создание рациональной системы поисковых работ. Предпочтительна методика, основанная на рассмотрении тектонических и литологических критериев нефтегазоносности. Из тектонических критериев на картах показывают контуры современных и древних поднятий, их интенсивность, углы регионального уклона, основные направления миграции. Принципы нанесения литологической информации аналогичны тем, которые приняты при составлении карт литологических условий нефтегазоносности [10]. На них выделяются региональные, субрегиональные и зональные покровы, территории с улучшенными свойствами первичных коллекторов, зоны уплотнения, основные зоны регионального выклинивания проницаемых тел. На основе названных критериев оконтуриваются ЗНГН и фиксируются преобладающие типы ловушек. Методика опробована в ряде районов и НГК Восточной и Западной Сибири и Тимано-Печорской провинции.

Как установлено при составлении карт, наибольшие различия в конфигурации ЗНГН и критериях их оценки наблюдаются в трех группах НГК. Для первой характерна решающая роль современной тектонической структуры. Для третьей группы главным фактором размещения залежей является распределение коллекторов, и учет тектонических критериев важен лишь в той степени, в которой он определяет закономерности изменения коллекторских параметров продуктивных толщ. Вторая группа НГК промежуточная.

После составления подобных карт можно переходить к следующему этапу — составлению детальных карт для отдельных ЗНГН. На последних показываются детальные структуры (при тектоническом контроле) или литологические ограничения (при литологическом контроле). В процессе такой работы уже не встречается серьезных методических трудностей.

Локальный прогноз. Под этим термином понимается прогноз в пределах ЗНГН пространственного распределения ловушек и ресурсов УВ в них. На этапе, когда объектами прогноза являются локальные поднятия, задача сводится либо к количественной оценке ресурсов этих поднятий (D_1 и S_3), либо к их делению на продуктивные и пустые. В соответствии с прогнозом ставились и поисковые работы, ориентированные на разбуривание наиболее перспективных поднятий в пределах ЗНГН. Современный этап, характеризующийся переходом на маломасштабные поднятия и неантиклинальные ловушки, принципиально отличается от предыдущего усложнением условий работ.

Чрезвычайно важно рациональное комплексирование буровых работ с полевыми геофизическими исследованиями. В последнее время широко распространены разнообразные методики выявления по сейсмическим, электроразведочным и гравиразведочным данным аномалий типа «залежь» (АТЗ). В районах, где фонд локальных поднятий исчерпывается или эти поднятия удается оконтуривать, АТЗ стали главными объектами, на которых размещаются поисковые скважины. Вместе с тем теоретические основы соответствующих методик разработаны слабо.

Непосредственное обнаружение скоплений УВ по их меньшей плотности по сравнению с пластовой водосвязью, как правило, парагенетическими современными техническими средствами невозможно из-за незначительности соответствующего эффекта даже для крупных залежей. Некоторые признаки часто хорошо проявляются на временных сейсмических разрезах, например зоны повышенной песчаности в маглинских толщах (тип 3) или группы коллекторов по сравнению с доносными. Все геологические связи между залежью и коллекторскими свойствами вмещающих пород можно разделить на три варианта: 1) генетическая (существование залежи определяется наличием коллекторов); 2) парагенетическая (УВ предпочтительно аккумулируются в улучшенных коллекторах); 3) связь отсутствует, т. е. продуктивные и водоносные коллекторы либо не отличаются по коллек-

торским свойствам, либо различия не закономерны.

Выделенные выше типы ЗНГН обладают различными характеристиками. В НГК первой группы генетической связи практически не бывает, а парагенетическая отмечается сравнительно редко. Большая доля в разрезе песчаных пород с высокими коллекторскими свойствами и относительная молодость залежей определяют отсутствие зависимости между параметрами продуктивных и водоносных пород. АТЗ обычно не выделяются, а сейсмические исследования направлены в первую очередь на структурные построения. В этих НГК основные сейсмические реперы, особенно отвечающие границам проницаемой части НГК и его региональной покровной, как правило, весьма четкие, что позволяет с большой точностью устанавливать морфологию современной структуры главных продуктивных интервалов разреза. Обычно довольно четко проявляются и наиболее важные для нефтегазоаккумуляции зоны регионального стратиграфического и литологического выклинивания (ЗНГН подтипов 3а—3б), поскольку они нередко примыкают к основным реперам и выделяются как клиноформы. Выявление неантиклинальных залежей в пределах таких ЗНГН достигается при детальных работах путем чисто геометрического совмещения структуры и литологического барьера.

НГК второй группы характеризуются по сравнению с пластовой водосвязью, как правило, парагенетическими современными техническими средствами невозможно из-за незначительности соответствующего эффекта даже для крупных залежей. Некоторые признаки часто хорошо проявляются на временных сейсмических разрезах, например зоны повышенной песчаности в маглинских толщах (тип 3) или группы коллекторов по сравнению с доносными. Все геологические связи между залежью и коллекторскими свойствами вмещающих пород можно разделить на три варианта: 1) генетическая (существование залежи определяется наличием коллекторов); 2) парагенетическая (УВ предпочтительно аккумулируются в улучшенных коллекторах); 3) связь отсутствует, т. е. продуктивные и водоносные коллекторы либо не отличаются по коллек-

торскими свойствами, либо различия не закономерны. Выделенные выше типы ЗНГН обладают различными характеристиками. В НГК первой группы генетической связи практически не бывает, а парагенетическая отмечается сравнительно редко. Большая доля в разрезе песчаных пород с высокими коллекторскими свойствами и относительная молодость залежей определяют отсутствие зависимости между параметрами продуктивных и водоносных пород. АТЗ обычно не выделяются, а сейсмические исследования направлены в первую очередь на структурные построения. В этих НГК основные сейсмические реперы, особенно отвечающие границам проницаемой части НГК и его региональной покровной, как правило, весьма четкие, что позволяет с большой точностью устанавливать морфологию современной структуры главных продуктивных интервалов разреза. Обычно довольно четко проявляются и наиболее важные для нефтегазоаккумуляции зоны регионального стратиграфического и литологического выклинивания (ЗНГН подтипов 3а—3б), поскольку они нередко примыкают к основным реперам и выделяются как клиноформы. Выявление неантиклинальных залежей в пределах таких ЗНГН достигается при детальных работах путем чисто геометрического совмещения структуры и литологического барьера.

Только для НГК III группы связь улучшенных коллекторов с нефтегазоносностью генетическая. Промышленные скопления УВ практически бывают приурочены только к крупным эффективным емкостям, сохранение которых в сильно уплотненных толщах прямо обусловлено торможением эпигенетических реакций в ловушках, заполненных УВ на тех этапах развития, когда породы регионально относились к зонам слабого и умеренного уплотнения [10]. Если по сейсмическим данным удастся надежно выявлять такие крупные емкости, то с очень большой вероятностью они содержат залежи, и именно в этом случае можно говорить о применимости АТЗ для постановки поискового бурения. Это относится прежде всего к ЗНГН типов 1—2.

Рассмотренную теоретическую схему можно считать лишь приближенной. Очевидно, что каждая группа НГК и каждый из типов ЗНГН характеризуются специфическими геофизическими полями и закономерностями размещения залежей нефти и газа. Поэтому главной практической задачей, стоящей перед геологами-нефтяниками, является установление сейсмических и других физических признаков, а затем и геолого-геофизических моделей разнотипных ЗНГН. В результате таких исследований удастся надежно выделить и типизировать ЗНГН на основании сейсморазведки или других геофизических методов и минимального объема бурения, а также разработать рациональный комплекс поисковых геолого-геофизических методов применительно к каждому конкретному типу ЗНГН. Уже сейчас можно сказать, что эти рациональные комплексы для разнотипных ЗНГН будут отличаться методами полевой геофизики (в особенности способами интерпретации) и особенностями расстановки глубоких скважин. Особенно следует подчеркнуть, что чем сложнее ЗНГН и соответственно контроль залежей в ее пре-

делах, тем меньше вероятность открытия залежей первой скважиной. Здесь бурение скважин с поисковыми задачами необходимо сочетать с геофизическими исследованиями, с целью облегчить открытие залежей.

Для повышения эффективности поисковых работ на нефть и газ необходимо пересмотреть существующие принципы подхода к зонам нефтегазоаккумуляции как объектам локального прогноза. Сделана попытка достаточно строго определить само понятие ЗНГН, создать модели, схему их классификации и принципы единой методики картирования, чтобы на этой основе разработать рациональные комплексы геофизических и буровых работ, необходимых для опосредованного разнотипных ЗНГН.

Проведенный анализ позволяет определить следующие наиболее важные задачи дальнейших исследований: 1) создание полной классификации ЗНГН, включающей все возможные геологические ситуации; 2) составление карт размещения ЗНГН во всех основных НГК из разных провинций СССР; 3) разработка сейсмогеологических и других признаков, а затем и геофизических моделей разнотипных ЗНГН; 4) составление крупномасштабных карт для разнотипных ЗНГН, демонстрирующих закономерности распределения локальных объектов в их пределах; 5) разработка рационального комплекса поисковых работ для каждого из типов ЗНГН. Эти исследования, которые пока только начаты, должны привести к созданию завершенной методики локального прогноза нефтегазоносности и как результат — к повышению эффективности поисково-разведочных работ.

УДК 553.98 : 001.18

И. И. НЕСТЕРОВ, В. И. ШПИЛЬМАН,
Г. И. ПЛАВНИК, Л. Г. СУДАТ (ЗапСибНИГНИ)

Методика локального прогноза нефтегазоносности

Ресурсы категории C_3 , согласно инструкции, оцениваются в объектах разреза (пластах, группах пластов-резервуаров), для которых установлены основные закономерности размеще-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакиров А. А. Геологические условия формирования и размещения зон нефтегазоаккумуляции. М.: Недра, 1982.
2. Бескровный Н. С. Углеводородные месторождения с ухудшенными характеристиками — важный резерв топливно-энергетической промышленности. — В кн.: Нетрадиционные источники углеводородов. Л., 1982, с. 11—32.
3. Буриштар М. С. Основы теории формирования залежей нефти и газа. М.: Недра, 1973.
4. Высоцкий И. В., Оленин В. Б. Теоретические основы нефтегеологического районирования. — В кн.: Международный геологический конгресс, XXIV сессия. Докл. советских геологов, пробл. 5. М., 1972, с. 30—34.
5. Гуревич А. Е. Основные черты геофлюидодинамики эволюционирующей литосферы. — В кн.: Подземные воды и эволюция литосферы. Т. 1. М., 1985, с. 37—46.
6. Еременко Н. А. Развитие принципов теории формирования залежей углеводородов. — Геология нефти и газа, 1984, № 1, с. 18—24.
7. Зоны нефтегазоаккумуляции — главные объекты поисков/В. В. Самсонов, Б. А. Лебедев, Б. Г. Пирятинский и др. — В кн.: Зоны нефтегазоаккумуляции — главные объекты поисков. Л., 1986, с. 5—14.
8. Коллекторы нефти баженовской свиты Западной Сибири/Т. В. Дорофеева, С. Г. Крайнов, Б. А. Лебедев и др. Л.: Недра, 1982.
9. Лазарев В. С. Тектонические закономерности размещения нефти и газа. — В кн.: Происхождение и прогнозирование скопления газа, нефти и битумов. Л., 1983.
10. Лебедев Б. А., Фролов Б. М. Использование закономерностей размещения коллекторов при прогнозе нефтегазоносности. — В кн.: Закономерности размещения коллекторов сложного строения и прогноза нефтегазоносности. Л., 1985, с. 5—20.
11. Трофимук А. А., Карогодин Ю. Н., Мошовой Э. Б. Проблемы совершенствования понятийной базы геологии нефти и газа в примере понятия «зона нефтегазоаккумуляции». — Геология и геофизика, 1982, № 5, с. 5—11.

ние залежей нефти и газа в данном резервуаре. Прежде всего должен быть закартирован сам оцениваемый резервуар (мощность общая и эффективная, гипсометрия, литологические и фациальные особенности и др.), замерены основные геолого-геохимические параметры в пределах открытых залежей и площадей нефтесбора, найдена количественная взаимосвязь между комплексом картируемых параметров и запасами разведанных залежей. Эта количественная взаимосвязь (установленная закономерность) и является основой для оценки массы УВ, которая могла поступить во вновь оцениваемые ловушки. Как следует из теории нефтегазоаккумуляции и практики расчета таких взаимосвязей, масса УВ, поступивших в ловушку, определяется объемом нефтегазосборных пород, типом РОВ, сконцентрированного в этих породах, характером литологических и структурных неоднородностей нефтегазосборного объема, термобарическими параметрами. Во всех случаях удастся найти статистически достоверную связь между набором этих характеристик и запасами разведанных залежей. Такие зависимости оценивают количество УВ, которое могло поступить в ловушку. Емкость ловушки предопределяет, какую часть УВ она смогла аккумулировать, т. е. при одних и тех же массах УВ, способных поступить в ловушку, одни ловушки, крупные, будут недозаполнены, другие, мелкие, заполнены до замка и содержать УВ меньше, чем это позволяют потенциальные возможности нефтесбора.

Задача оценки ресурсов C_3 в данной ловушке решается достаточно надежно сравнением ее емкости (на практике используется несколько вариантов оценки емкости одной и той же ловушки в различных очертаниях) с расчетным количеством УВ, поступивших в нее с нефтесборной площади. Комплекс выполняемых работ назван нами прогнозом массы углеводородного скопления. Нетрудно оценить погрешность такого прогноза по найденным количественным зависимостям, справедливым только в том случае, если существует сама оцениваемая ловушка. Все суждения о наличии ловушки носят вероятностный характер. В этом заключается отличие локального про-

гноза от регионального. Может предполагаться, например, ловушка с большой массой УВ, но вероятность того, что подтвердится наличие самой ловушки, будет мала. В то же время может прогнозироваться ловушка с небольшими запасами, но с высокой надежностью подтверждения. Это обуславливает специфику поисковых работ.

В одних случаях мы действуем с большим риском, однако имеем возможность в случае удачи найти крупное скопление, в других — риск невелик, но и ожидаемые ресурсы невелики. Поскольку ресурсы C_3 призваны обеспечить выбор главных направлений поисковых работ, их стратегию, то расчет вероятности подтверждения ловушки, т. е. того, что действительно в пределах указанной площади (в заданных координатах) будет существовать оцененное скопление, является не менее важным показателем локального прогноза, чем оценка самих ресурсов C_3 . Вероятность подтверждения ловушки или достоверность прогноза координат локального скопления — вторая важная задача локального прогноза. Оценка этой вероятности P_L может быть выражена в виде произведения трех вероятностей: P_C — наличия замкнутой структурной формы, P_n — существования в пределах всего нефтесбора надежной покрывки, P_K — наличия на оцениваемой площади коллектора (в оцениваемом резервуаре), т. е.

$$P_L = P_C P_n P_K.$$

Нетрудно видеть, что даже при весьма высоких вероятностях для каждого фактора в отдельности вероятность присутствия ловушки может быть невелика.

Третья задача локального прогноза — оценка перспективности структуры (площади) в целом, т. е. всего интервала разреза, вскрываемого бурением. Она возникает для зон распространения многозалежных месторождений. Если в разрезе оценено несколько залежей с разными запасами, достоверными интервалами для этих запасов и вероятностью подтверждения ловушки по каждому горизонту, суммарные ресурсы всей площади не могут определяться просто как сумма запасов отдельных резервуаров.

Завершающим этапом локального прогноза должна быть, по нашему мнению, оценка динамики перевода ресурсов категории C_3 в запасы категории C_2 и C_1 в зависимости от объема проводимых поисковых работ в районе или на группе структур. Это четвертая, завершающая задача локального прогноза. Она позволяет учесть все особенности такого прогноза в данном районе и обеспечить геологоразведочные работы четкими нормативными показателями, характеризующими динамику восполнения ресурсов за счет проведения поисковых работ, а также показателями, вытекающими из особенностей геологического строения района, его изученности, существующих методов подготовки ловушек и их опоискования.

Важную роль играет способ оформления материалов прогноза. Сложилась странная ситуация, когда заложение каждой разведочной скважины обосновывается детальными подсчетами по каждой открытой залежи, детальным определением задач, решение которых связывается с этой скважиной, в то время как такой же, а нередко и больший объем поискового бурения обосновывается лишь структурной сейсморазведочной картой. Наш опыт показывает, что поисковый этап, как и разведочный, должен быть обеспечен подсчетами ресурсов C_3 , но не одной ловушки, а целой зоны. В качестве таких карт, обосновывающих ресурсы C_3 и направления поисковых работ, целесообразно использовать карты резервуаров. Если в районе несколько перспективных резервуаров, они должны составляться для каждого из них. Карты строения резервуаров (подсчетный план ресурсов C_3) должны составляться по району в целом или для крупной зоны концентрации поисковых работ и содержать:

структурную основу (по кровле резервуара или по ближайшему отражающему горизонту);

контуры открытых залежей с их названиями;

контуры установленных ловушек всех типов (структурных, литологических, тектонически экранированных и др.), их название, состояние (подготовленные или выявленные) и величину

перспективных ресурсов нефти, газа и конденсата;

границы резервуара, т. е. границы выклинивания коллектора и раскрытия покрышки;

эффективные мощности резервуара а также информацию по условиям накопления пластов и их литологическим особенностям строения;

расположение пробуренных и планируемых скважин;

таблицу результатов испытания и заключения по ГИС.

Такой подход позволяет наиболее рационально организовать поиск залежей в самых перспективных зонах оперативно уточнить его задачи и главные направления, производить комплексирование бурения и геофизики. При этом объектом поисковых работ, учитываемая все сказанное выше о вероятностном характере локального прогноза, должна выступать не отдельная структура, как при разведочных работах, а целая зона, содержащая несколько структур и объединенная общими закономерностями размещения залежей в резервуаре.

Прогноз массы локального скопления углеводородов. Количество УВ которое могло поступить в ловушку из нефтесборного объема, определяется теорией нефтегазонакопления. Тип генерирующих нефть и газ продуктов D и их концентрация могут быть заданы через динамику накопления отложений с помощью анализа фациальных обстановок, прямых определений класса РОВ по содержанию водороду оценены по изопреноидному коэффициенту, равному отношению приставки к фитану. Интенсивность генерации УВ обусловлена подводимой энергией и типом РОВ и связана с характером радикальных, радикально-сопряженных, термokatалитических реакций (для нефти) и термического и термokatалитического преобразования (для газа). В общем виде концентрация углеводородов, способных сформировать залежь, записывается как

$$f_1(D, h, v) \left(1 - e^{-\alpha_i T^2}\right)^{f_2(D)} G,$$

где $f_1(D, h, v)$ — концентрация исходного для генерации i -го продукта органического вещества, зависящая от его типа, мощности отложений, скорости

накопления; T — максимальная палеотемпература; α_i — константа для интенсивности генерации i -го продукта; $f_2(D)$ — функция типа РОВ, выраженная через фациальный или изопреноидный коэффициенты; G — тектоническая напряженность, равная средней сумме квадратов палеоглубин и отображающая общую энергетику тектонического процесса в данной зоне.

Введя параметры литологической и структурной неоднородности нефтегазосборного объема, можно сконструировать серию моделей, описывающих, какая часть эмигрировавших УВ могла попасть в оцениваемую ловушку. Проверив эти модели на совокупности разведанных залежей и их нефтесборов, находим лучшую из них, определяем на указанном материале обучения значения неизвестных констант и получаем формулу для оценки массы УВ, которая могла поступить в прогнозируемую ловушку. Расчеты показали, что если такая формула выводится для одного резервуара с близкими термобарическими и тектоническими условиями, то общая модель упрощается за счет превращения ряда функциональных зависимостей в константы. Тогда конструирование модели для расчета зависимости сводится к следующему. Нефтесборный объем пород ограничивается в плане днищами наиболее глубоких седловин и впадин и границами замещения коллектора непроницаемыми породами. В разрезе нефтесборный объем определяется прежде всего мощностью самого резервуара. Кроме того, согласно исследованиям А. Э. Конторовича, С. Г. Неручева и Б. П. Тиссо, большая часть углеводородов попадает в резервуар из 10—12-метровой толщи глинистых отложений, перекрывающих и подстилающих резервуар. Поэтому значение мощности резервуара увеличивается на 20—25 м. Здесь важно обратить внимание на то, что нефтесборный объем представляет тот объем пород, который мог поставлять углеводороды в ловушку, а не объем, с которого эти углеводороды поступили — последнюю величину оценить практически невозможно. Количество микронепти, образовавшейся в данном объеме, предопределяется типом и количеством исходного органического ве-

щества, а выход продуктов реакции зависит от степени его метаморфизма.

Внутри нефтесборного объема образовавшаяся микронепть, независимо от формы миграции, перераспределяется в очень сложной среде. Для ее описания вводятся две характеристики: коэффициенты структурной и литологической проводимости разреза. Смысл их введения состоит в оценке той части образовавшихся углеводородов, которая могла достичь данной ловушки, не будучи задержанной на путях миграции различными структурными, литологическими ловушками и неоднородностями, осложняющими нефтесборный объем. Оба коэффициента выражаются через реально измеряемые характеристики — плотность структур, размер склона, количество и среднюю мощность проницаемых пластов в резервуаре. Каждый из них, как и остальные параметры, входит в общую модель с коэффициентами пропорциональности, определяемыми при сопоставлении расчетных значений с запасами эталонных залежей.

Апробация различных моделей позволила определить набор параметров, контролирующих условия накопления органического вещества, степень его сохранности и дальнейшей трансформации, а также условий миграции и аккумуляции углеводородов в исследуемой ловушке. Наиболее информативными оказались площадь нефтесброса s , мощность резервуара H , доля органического вещества сапропелевого типа D , температура пород резервуара T , время нахождения пород резервуара на глубинах менее 300 м, концентрация органического вещества $C_{орг}$, коэффициенты структурной η_c и литологической η_l проводимости.

D есть обобщенное выражение фациальных условий накопления осадков. Для его определения произведен расчет доли образцов, содержащих то или иное соотношение сапропелевого и гумусового ОВ, попадающих в различные фациальные (палеогеографические) зоны для оцениваемых отложений. Построен соответствующий график (рис. 1), отражающий связь фаций и доли сапропелевого ОВ (D). Имея в распоряжении палеогеографические карты, определяем по ним тип фаций в пределах нефтесбора оцениваемой

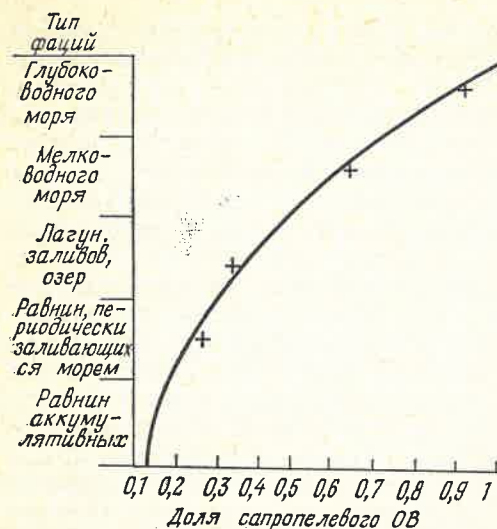


Рис. 1. График зависимости доли сапропелевого органического вещества от типа фаций

структуры и по графику находим значение D . Такой путь предпочтительнее по сравнению с использованием геохимических карт типов ОВ, так как последние, как правило, плохо обеспечены фактическими точками наблюдений. В разнофациальных разрезах, когда необходимо взвесить по мощности доли различных фаций, этот подход представляется весьма эффективным. Хороший результат получен также при использовании для оценки типа РОВ изопреноидного коэффициента, равного отношению пристана к фитану.

Коэффициент структурной проводимости η_c зависит от количества структурных ловушек в пределах площади нефтесбора, а плотность структур хорошо согласуется с крутизной склона α . Чем круче склон, тем меньше плотность структур на нем, поэтому $\eta_c = B\alpha$, где B — коэффициент пропорциональности.

Коэффициент литологической проводимости может быть задан несколькими способами. В приведенной формуле использована модификация

$$\eta_n = c \frac{h}{\ln n},$$

где h — средняя мощность проницаемого прослоя, n — количество проницаемых прослоев в резервуаре, c — коэффициент пропорциональности.

Изучение взаимосвязи указанных параметров с запасами разведанных месторождений Западной Сибири позволило установить общий вид зависимости для оценки количества углеводородов Q , скопившихся в ловушке:

$$Q = \frac{s^a D^b H^d T^e \eta_c f_{\eta_n}^k}{\tau^m C^l \text{орг}}.$$

Для оценки перспективных ресурсов газа получена другая модель, учитывающая специфику условий газонакопления, которая вызвана различиями в генерации жидких и газообразных углеводородов и отличными от нефти условиями миграции и аккумуляции.

Зависимость для расчета количества газа, поступившего в ловушку, имеет следующий вид:

$$Q_g = s^a H^b (10,9C \ln \Gamma T - 56,4C - 0,17\Gamma + 0,44)^k \eta_c \eta_n,$$

где C — количество органического вещества; Γ — глубина резервуара.

Коэффициенты a, b, k и другие рассчитываются для каждого резервуара (по массиву эталонных залежей). Для одного резервуара это константы, но имеющие свои значения для разных резервуаров. Чем большее число резервуаров описывает формула, тем она сложнее, содержит больше постоянных коэффициентов.

Сопоставление расчетных и фактических запасов по эталонам приведено на рис. 2. Из него видно, что подавляющее число точек не выходит за границы, очерченные пунктирными линиями. Эти границы в логарифмическом масштабе рисунков отступают от прямой уравнения регрессии на величину 0,9. Следовательно, в подавляющем числе случаев для каждого расчетного значения величина запасов фактически может соответствовать $\ln Q_{\phi} \pm 0,9$. Это практически максимальная ошибка оценки перспективных ресурсов в отложениях неокрепшей по миграционно-генетической методике. Среднеквадратическая ошибка этого метода σ около 0,3.

Расчет регрессионного уравнения позволяет строго ограничить ситуацию, позволяющую выполнить оценку ресурсов по категории C_3 . Если эталонных объектов (залежей) в 3—4 раза больше количества используемых для

прогноза независимых параметров и при этом множественный коэффициент корреляции $R > 0,7$, то подсчет ресурсов по категории C_3 возможен. При более низких значениях R_3 закономерность размещения залежей надежно не установлена, и подсчет по категории C_3 неправомерен.

В связи с наличием погрешности расчета целесообразно давать интервальную оценку ресурсов и надежность этой оценки. Под надежностью здесь понимается вероятность $P(Q_1, Q_2)$ того, что если в ловушке существует залежь, то ее истинные ресурсы будут находиться в интервале от Q_1 до Q_2 .

Опыт показывает, что оценки запасов одной залежи (в разные годы или при разных значениях подсчетных параметров в один год) имеют распределение, близкое к логнормальному. На этом основании, оперируя приведенным выше значением σ , можно по таблицам нормального распределения найти $P(Q_1, Q_2)$.

Другой способ задания интервальной оценки запасов ловушки заключается в прямом моделировании изменения параметров, входящих в формулу, и полный перебор всех их сочетаний.

Обычно для каждого параметра задается пять возможных значений: одно, наиболее вероятное, x ; два значения, равные $x \pm \frac{1}{3}\sigma_x$, и еще два значения, равные $x \pm \sigma_x$. Из всего множества расчетных значений запасов отбросим, например, 10 % самых больших и 10 % самых малых значений, тогда самое большое и самое малое из оставшихся зададут интервал, в котором с вероятностью 0,8 заключена истинная оценка запасов.

Таким образом оценивается масса УВ, которые могли поступить в ловушку, и выводятся общие закономерности размещения залежей нефти и газа в изучаемом резервуаре. Конкретная ловушка обладает некоторой предельной емкостью, и прежде чем выносить окончательное заключение об ожидаемых запасах в ловушке (ресурсах категории C_3 или D_0), необходимо сравнить расчетные массы УВ, поступающих с нефтесбора, и емкость ловушки. Расчет предельного объема ловушки производится по объемной формуле

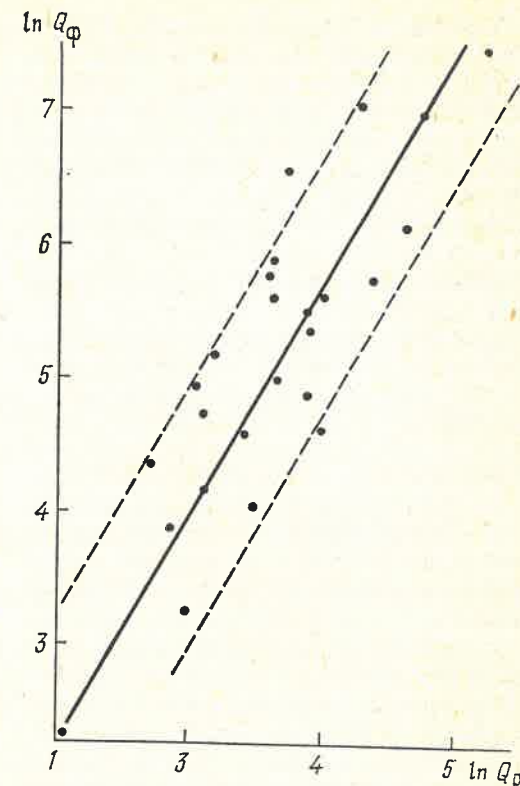


Рис. 2. Сопоставление расчетных запасов залежей $\ln Q_p$ с фактическими $\ln Q_{\phi}$

подсчета запасов для площади нефтегазоносности, равной площади ловушки (структуры). Пористость, коэффициент нефтегазонасыщения и свойства углеводородов принимаются по аналогии с близрасположенными месторождениями. Эффективная мощность рассчитывается исходя из геометрии ловушки и доли коллекторов в разрезе. Для ловушек массивного и пластово-сводового типов эффективная мощность h рассчитывается соответственно по формулам:

$$h = 0,5Ak, \quad h = Hk \left(1 - \frac{H}{2A}\right).$$

Тип ловушки определяется соотношением мощности резервуара H и амплитуды ловушки A ; k — доля проницаемых прослоев в резервуаре.

Естественно, ресурсы C_3 или D_0 равны либо количеству поступивших в ловушку с нефтесборной площади УВ, если их объем вмещается в ловушку, либо объему ловушки, когда расчетная масса УВ, поступившая с нефтесборной площади, превышает объем ловушки.

В качестве окончательной оценки ресурсов $C_3(D_0)$ в ловушке целесообразно указывать не только наиболее вероятную, но и интервальную оценку. Например: на структуре x в пласте y при условии подтверждения ловушки запасы составят 15 млн. т, при этом с вероятностью 0,7 интервальная оценка от 10 до 20 млн. т.

Вероятность наличия ловушки (прогноз координат). Вероятность наличия ловушки P_L равна произведению вероятности замкнутой структурной формы P_c , наличия коллектора P_k и покрышки P_n :

$$P_L = P_c P_k P_n.$$

Основной метод, позволяющий оценить распространение коллекторов и покрышек данного резервуара и соответственно P_k и P_n , — это картирование резервуаров. Под резервуаром понимается пласт-коллектор или группа гидродинамически связанных между собой проницаемых пластов, имеющих в кровле и подошве регионально выдержанные непроницаемые покрышки. Зона существования резервуара в плане ограничена с одной стороны линией экранирования коллекторов, с другой — границей надежной покрышки. В этой зоне встречаются, как правило, только структурные или структурно-литологические ловушки (последние контролируются линией экранирования). За границей экранирования распространение пластов-коллекторов прерывисто либо они линзовидны, т. е. гидродинамическая связь в них затруднена или нарушена. В этом случае прогноз ловушки на конкретной структуре осложняется. Аналогичная ситуация складывается за границей раскрытия покрышки, где ловушку можно обнаружить под покрышкой, имеющей локальное распространение.

Картирование резервуаров, трассировка их границ имеет первостепенное значение при оценке подготовленных структур с точки зрения выделения в разрезе перспективных для поиска залежей ловушек, определения на поисковой площади коллекторов и покрышек.

В ЗапСибНИГНИ были построены карты распространения и нефтегазоносности резервуаров, приуроченных к юрским и неокотским отложениям.

Для оценки надежности выделения на изучаемой площади коллектора и покрышки используются понятия вероятностей раскрытия покрышки P_n и глинизации коллектора P_k на этой площади. Здесь P_n и P_k — вероятности того, что мощность покрышки или коллектора будет меньше некоторого критического предела $H_{кр}$.

Расчет P_k и P_n основан на анализе распределения мощностей рассматриваемого горизонта (покрышки или коллектора) в скважинах или по косвенным данным в точках наблюдения.

В том случае когда построена карта резервуара, на которой прогнозируется местоположение границ раскрытия покрышки и глинизации коллектора, расчет величин P_k и P_n для оцениваемой структуры можно производить по формуле

$$P_{k,n} = 0,5 \pm \frac{0,5y}{\ln z},$$

где z — расстояние от ближайших точек наблюдения, по которым построена граница, до оцениваемой структуры; y — расстояние от границы до оцениваемой структуры (y зависит от того, по какую сторону границы находится структура).

Вероятность подтверждения замкнутой структурной формы определяем на основании теории геологоразведочного фильтра (В. И. Шпильман, 1982 г.) согласно которой площадь структуры выявляемой с вероятностью $0,5 s_k$ при погрешности работ $\pm \sigma$, угле наклона крыльев картируемых структур α в среднем расстоянии между сейсмопрофилями l , определяется соотношением

$$0,175 \frac{\sigma}{\alpha} \leq \sqrt{s_k} \leq 1,3l,$$

а вероятность выявления структуры площадью s при данных σ , α , l , т. е. $p(s)$ равна

$$P(s) = \frac{s_k}{s_k + s}.$$

В соответствии с этим оценка P сводится: а) к нахождению s_k по приведенному соотношению, обобщенно отражающему и разрешающую способность метода, геологические условия района и густоту сети наблюдений б) к определению P_c для данной кон-

кретной оцениваемой ловушки площадью s по формуле

$$P_c = \frac{s_k}{s_k + s}.$$

Перемножив найденные для оцениваемой ловушки частные вероятности, находим вероятность того, что ловушка подтвердится. Тогда заключение о ресурсах C_3 , которое мы для примера приводили в предыдущем разделе, должно быть расширено и с учетом вероятности наличия ловушки будет иметь следующий вид: на структуре x в пласте y вероятность наличия ловушки 0,6; при условии наличия ловушки запасы равны 15 млн. т или с условной вероятностью 0,7 интервальная оценка равна 10—20 млн. т. Безусловная вероятность того, что истинные запасы оцениваемого объекта лежат в интервале 10—20 млн. т, равна 0,42.

Введение расчетной величины вероятности наличия ловушки P_L позволяет строго ограничить возможность оценки ресурсов по категории C_3 : если $P_L > 0,5$, подсчет C_3 возможен, если $P_L < 0,5$, ловушка ненадежна, либо оценку ее следует производить по категории D_0 , либо вообще отказаться от локализованного прогноза.

Оценка перспективности структуры (площади) в целом. Размеры прогнозируемого на структуре месторождения складываются из оценок составляющих его ловушек. Каким же образом определить возможности структуры, на которой имеется несколько перспективных ловушек с различной оценкой ресурсов и вероятностями этих оценок?

Рассмотрим все возможные варианты продуктивности ловушек и на этой основе рассчитаем вероятности обнаружения на структуре месторождения того или иного класса по запасам (мелкого, среднего, крупного и т. п.). Расчет этой вероятности производится по следующей схеме.

1. Для каждого из вариантов объединения залежей в месторождение определяется вероятность того, что произойдет только это событие.

2. Для каждого из этих событий рассчитываются вероятности попадания в тот или иной класс по запасам.

3. Вероятность отнесения месторождения в целом к тому или иному клас-

су находится как сумма вероятностей отнесения к данному классу каждого из вариантов объединения.

Способ такого расчета рассмотрим на примере. Допустим, на подготовленной сейсмороботами структуре были оценены две ловушки: A_1 и A_2 . Размеры предполагаемого на структуре месторождения зависят от того, сколько всего ловушек и какие из них окажутся с залежами. Так, в нашем примере открытое месторождение может состоять либо из одной залежи, либо одновременно из обеих, т. е. возможны три варианта соединения залежей в месторождение: A_1 , A_2 и $A_{1,2}$. Если на структуре прогнозируются три ловушки, возможны семь вариантов, если четыре — пятнадцать, и т. д.

Вероятность того что месторождение будет обнаружено в каком-то определенном i -сочетании залежей, обозначим через $P(C_i)$.

Здесь $i = 1, 2, 3, \dots, n$, где n — общее число вариантов. В нашем примере $h = 3$, $C_1 = A_1$, $C_2 = A_2$, $C_3 = A_{1,2}$. Отсюда вероятность наличия на этой структуре месторождения:

$$P_m = \sum_{i=1}^3 P(C_i).$$

Аналогично по такой же формуле можно определить вероятность наличия на структуре месторождения какого-либо размера, например мелкого, среднего и т. д. Предварительно по формуле необходимо рассчитать вероятности этих событий для каждого из вариантов сочетания залежей.

В общем виде вероятность того что на структуре будет открыто месторождение определенного класса, равна сумме вероятностей, что в любом сочетании будет открыто месторождение этого класса, умноженной на величину P_c , т. е.

$$P_j = P_c \sum_{i=1}^n P_{ij},$$

где j — класс месторождения по запасам.

Имея прогноз по каждой структуре, можно перейти к оценке вероятностей всей совокупности установленных локальных объектов поиска. Прежде всего можно определить наиболее ве-

роятное число месторождений, которое будет открыто после опоскования всей совокупности структур. Можно также установить наиболее вероятное число крупных, средних или любого другого класса месторождений по размерам.

Эта величина рассчитывается по формуле

$$m_j = k \bar{P}_{mj},$$

где m_j — число месторождений j -класса; k — общее число структур в исследуемой совокупности; $\bar{P}_{mj}$ — средняя по всей совокупности структур вероятность обнаружения месторождения j -класса.

Можно решить задачу, сформулированную таким образом: с надежностью прогноза 0,9 определить число крупных месторождений, которые могут быть открыты в результате поиска в некотором районе.

Описанные выше способы оценки ловушки разработаны для случая, когда на площади, где прогнозируется ловушка, еще не проводились работы. При бурении поисковых скважин поступает прямая информация о структурном плане площади, о строении коллектора и покрышки, о характере насыщения пласта. Эти сведения уточняют представления о геологическом строении площади, полученные косвенным путем, и соответственно корректируют оценки запасов углеводородов. Значит, после бурения поисковых скважин изменится величина P_c и параметры функции $P(Q)$. Найден характер влияния полученной информации на эти параметры. Установлена зависимость, позволяющая в процессе поисковых работ непрерывно корректировать оценку перспективных запасов с тем, чтобы при достижении оценкой некоторых заранее установленных для исследуемого района пределов принять решение о консервации или полном прекращении работ на площади.

Таким образом, для каждой находящейся в поиске структуры после корректировки значений P_c и Q может быть рассчитана вероятность того, что будет обнаружено месторождение с запасами, имеющими либо промышленное значение, либо просто больше или меньше некоторой наперед задан-

ной величины Q_0 , либо находящимися в интервале от Q_1 до Q_2 . Соответствующее управляющее решение о продолжении поисковых работ зависит от конкретной экономики района, наличия баз и т. д.

Возможности предложенной методики рассмотрим на примере. Допустим, что в нефтегазоносном районе, где находятся оцениваемые структуры, на данный момент считается целесообразным разведывать структуры, запасы нефти на которых составляют не менее 10 млн. т. Достигнутый в этом районе коэффициент успешности (отношение открытых месторождений к запасам более 10 млн. т ко всем введенным в поиск структурам) составляет 0,7.

Для всех структур, на которых проводились поисковые работы и не были получены положительные результаты, с учетом пробуренных скважин рассчитаны величины вероятности того, что запасы нефти на каждой из них будут больше 10 млн. т.

Тогда можно рекомендовать продолжить поисковые работы на всех структурах, на которых значение $P(10) > 0,7$; законсервировать работы на структурах, у которых значение $p(10)$ несколько меньше 0,7 и прекратить поисковые работы на структурах, у которых мала вероятность, что запасы нефти будут больше 10 млн. т.

Таким образом, адаптивно-генетический подход к оценке перспективности ловушек на стадии их вовлечения в бурение позволяет уточнить перспективные запасы, определять надежность этих расчетов, корректировать их в процессе проведения поисковых работ. Предлагаемая характеристика степени перспективности — вероятность обнаружения залежи, имеющей промышленное значение, может служить критерием, определяющим момент прекращения на площади поисковых работ.

Динамика перевода перспективных ресурсов в запасы месторождений. Перспективные ресурсы являются основой планирования поисковых работ. Поэтому кроме величины этих ресурсов в районе необходимо иметь представление о характере их выявляемости, т. е. знать, как будет осуществляться перевод перспективных ресурсов в запасы в зависимости от

количества пробуренных поисковых скважин. Для этого необходимо построить так называемую кривую «затраты—выпуск». Наличие таких кривых для нескольких районов позволяет с помощью методов математического программирования оптимизировать поисковый процесс на больших территориях.

Расчет динамической характеристики перспективных ресурсов, кроме оценки самой ее величины по каждому объекту, требует прогноза типа ловушек и залежей, их числа на структуре, числа поисковых скважин и т. д. Поэтому определение динамической характеристики является органическим продолжением геологической задачи оценки перспективных ресурсов.

Расчет динамической характеристики перспективных ресурсов осуществляется в такой последовательности:

1. Определяются вероятности обнаружения месторождений различных размеров для каждого поискового объекта (структуры).

2. Рассчитывается количество прогнозируемых к открытию месторождений различных размеров для рассматриваемого района в целом.

3. Рассчитывается наиболее вероятная очередность выявления этих месторождений и необходимые для этого поисковые затраты.

4. Строится кривая, характеризующая выявляемость перспективных ресурсов в зависимости от произведенных поисковых затрат.

Допустим, в некотором районе количество подготовленных структур равно K . Для каждой из этих структур рассчитаны вероятности открытия мелкого, среднего, крупного или гигантского месторождений. Зададимся некоторым шагом опоскования структур (например десять поисковых скважин) и на каждый шаг рассчитаем величину выявленных запасов. На первом шаге введено K_1 структур. При выборе очередности ввода в поиск будем исходить из того, что преимущество отдается структурам, имеющим наибольшие перспективные ресурсы.

Сколько будет опосковано структур после бурения десяти скважин? Это зависит от того, сколько скважин требуется на опоскование одной структуры. На практике в Западной Сибири

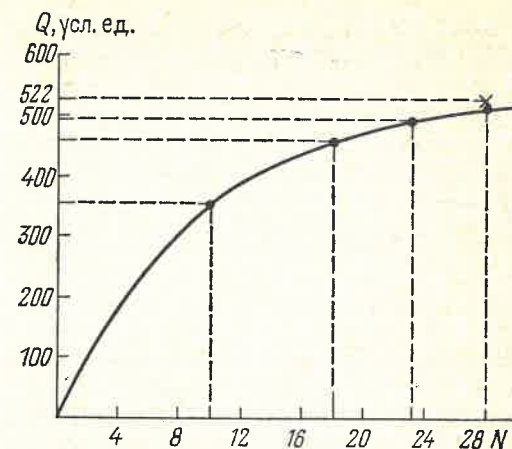


Рис. 3. Перевод перспективных ресурсов в запасы месторождений в зависимости от числа поисковых скважин

на одну структуру требуется в среднем около трех скважин. В каждом конкретном случае эта величина зависит прежде всего от вероятности наличия на структуре месторождения P_m

$$N_0 = [6 - 5P_m] b,$$

где N_0 — число скважин, необходимое на опоскование структуры, b — коэффициент, учитывающий дополнительные затраты на поиски, связанные с погрешностью техники и технологии проведения работ (аварии, некачественные исследования, методические ошибки). Принимая в нашем случае $N_0 = 3$, определим, что после бурения десяти скважин будет опосковано три структуры. Число месторождений, которое будет обнаружено на структурах, определяется по формуле

$$m = K \bar{P}_m.$$

Этих данных достаточно для расчета величины выявленных запасов Q_1 на первом шаге:

$$Q = \sum_{i=1}^K Q_i K_i.$$

Здесь Q_i — средние ресурсы i -класса.

В результате получена первая точка на кривой «затраты—выпуск». Аналогично производится расчет для второго и последующих шагов опоскования и накапливается информация для построения искомой кривой. Последняя точка на этой кривой, согласно нашим допущениям, соответствует состоянию полного выявления перспективных ресурсов. Вид зависимости приведен на рис. 3.

Если на оси ординат графика отложить долю переведенных в запасы ресурсов Q_3/Q_p , а на оси абсцисс — долю пробуренных поисковых скважин N от общего числа необходимых на полное опоскование N_0k , то кривая хорошо аппроксимируется функцией вида:

$$Q_3 = Q_p \left(\frac{N}{N_0k} \right)^m.$$

Таким образом, для кривой «затраты—выпуск» найдено аналитическое выражение. В результате разработана методика, которая на основе оценки вероятности наличия ловушек и оценки в них перспективных ресурсов позволяет:

- 1) для каждой структуры определить вероятность обнаружения месторождения и наиболее вероятные его размеры;
- 2) для любой совокупности перспективных структур рассчитать число прогнозируемых к открытию месторождений различных размеров (мелких, средних, крупных и т. д.);
- 3) для района, в котором производится поиск, построить кривую «затраты—выпуск», т. е. установить зави-

симость количества освоенных перспективных ресурсов от числа поисковых скважин.

Комплексный учет характера расход к прогнозно-металлогеническому пределения перспективных ресурсов на районированию и прогнозной оценке некоторой совокупности структур площадей фанерозойских и докембрий-надежности этих ресурсов позволяет комплексам наиболее полно реализовать вероятностный прогноз в ряде работ [1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 и др.].

Многие могут быть открыты в результате Специфика проведения прогнозных работ по поиску или частичного опоскования работ в районах развития докембрий-ных этих структур заданным числом скважин, и планировать текущий приурочения обусловлена широким развитием метаморфических преобразований.

Методы локального прогноза базисный. Одно из обязательных условий руются на основных положениях теоретического формационного анализа при нефтегазоаккумуляции, учитывая метаморфических толщ — выявление комплекс техногенных факторов, предсоставе исходного субстрата, достигающих подготовку площадей в результате «снятия» мета-опоскованию и проведение поисковых работ, позволяющих получить обобщенный в их дометаморфических эквивалентные характеристики предстоящего полевых. Реконструкция первичного искового процесса типа кривых «затраты—выпуск» и оптимизировать это в палеообстановки накопления рудного процесса. Для их реализации требуется выполнение главной геологической задачи — составление карт строения рудности конкретных регионов. При этом необходимо учитывать степень метаморфизма гидротермальных или вулканогенно-осадочных рудных залежей и в связи с этим регенерацию рудного вещества с выносом рудных компонентов в зоны пострудной метаморфогенно-гидротермальной переработки и формированием шлейфа рассеянной и жильной полиметаллической минерализации [10, 11].

УДК 553.41/44.078 : 551.72 : 550.8.011 (47+57)

Г. В. РУЧКИН (ДВИМС), В. Д. КОНКИН, Р. Н. ВОЛОДИН (ЦНИГРИ)

Принципы металлогенического районирования докембрия СССР на стратиформные руды цветных металлов

Поддающаяся часть запасов руд цветных металлов, локализованных в докембрийских комплексах, сосредоточена в месторождениях стратиформного типа, включающих объекты, рудные тела которых по условиям образования и положению подчинены напластованию вмещающих, в разной степени метаморфизованных, вулканогенных, вулканогенно-осадочных и осадочных толщ. Рассматриваемые месторождения представлены тремя рудноформационными семействами — колчеданным, стратиформным свинцово-цинковым в карбонатных породах и медистых песчаниках. Указанные типы месторождений известны во всех стратиграфических подразделениях докем-

брия — от верхнего архея — нижнего протерозоя до венда включительно и локализуются в различных структурно-формационных комплексах.

В основу прогнозно-металлогенического районирования докембрийских комплексов на стратиформное орудение цветных металлов и прогнозную оценку площадей положен структурно-формационный анализ, предусматривающий: определение палеотектонических обстановок накопления рудных комплексов и рудоносных формаций, выявление геологических обстановок нахождения месторождений и закономерностей их локализации; установление комплекса прогнозных и поисковых критериев, отражающих регионально-

ные месторождения; в протогоеосинклиналях раннего протерозоя, кроме указанных месторождений, — свинцово-цинковые колчеданные и свинцово-цинковые; в протоплатформенных или протоорогенных прогибах раннего протерозоя — медистые песчаники; в авлакогенах раннего рифея — свинцово-цинковые колчеданные; в терригенных эвгеосинклиналях позднего рифея — колчеданно-полиметаллические и свинцово-цинковые в карбонатных породах; в перикратонных и краевых прогибах позднего рифея — свинцово-цинковые в карбонатных породах, медистые песчаники и сланцы в терригенно-карбонатных; в интра- и перикратонных прогибах позднего рифея — венда — свинцово-цинковые месторождения в карбонатных породах.

Региональные геотектонические единицы, вмещающие различные типы докембрийских стратиформных месторождений цветных металлов, строго индивидуализированы по режимам развития, палеотектонической позиции и типу субстрата в основании зон. Все это нашло отражение в характере их формационного выполнения и металлогенической специализации. По этому признаку рудоносные геотектонические единицы объединяются в четыре группы: первую — существенно вулканогенных (троговые структуры раннего докембрия и протогоеосинклинали), вторую — вулканогенно-карбонатно-терригенных и карбонатно-терригенных (терригенные эвгеосинклинали рифея и авлакогены), третью — терригенно-карбонатных и карбонатных (мигеосинклинальные, перикратонные и интракратонные прогибы), четвертую — существенно терригенных (протоплатформенные, протоорогенные и внутриплатформенные прогибы древних платформ). В пределах каждой группы структур стратиформные месторождения цветных металлов приурочены к определенному типу формаций, обладающих специфическими особенностями состава и строения.

Общим свойством рудоносных геоструктур первой группы является преобладающая роль в их строении вулканогенных образований. Петрохимический профиль вулканогенных формаций троговых структур и протогоеосинклиналей резко различен. В первых,

развивающихся по типу рифтовых трогов на протоконтинентальной (тоналитовой) коре, преобладают продукты недифференцированной базальтовой и непрерывной вулканогенной формаций преимущественно натровой специализации. В рудоносных протогеосинклиналях, представляющих собой вулканогенные геосинклинальные прогибы на мощной континентальной (сиалической) коре, наоборот, господствуют вулканогенные формации натрикалевой специализации. Соответственно медно-цинковый профиль трогов меняется на свинцово-цинковый в протогеосинклиналях.

В строении геоструктур второй группы доля вулканогенных пород существенно уменьшается до полного исчезновения вулканогенных формаций в некоторых из них. Так, если в структурах терригенных эвгеосинклиналей рифея вулканогенные образования, в том числе и рудоносные, в целом имеют подчиненное развитие, то в рудоносных авлакогенах количество вулканических пород либо незначительное, либо они вообще отсутствуют. Место рудоносных вулканогенных формаций здесь занимают терригенно-карбонатные, в частности, карбонатно-глинисто-кремнистые и песчаниково-глинистые формации, в разной степени обогащенные углеродистым веществом (черносланцевая формация). Для рудоносных зон терригенных эвгеосинклиналей рифея характерно наличие наряду с натровыми калинатровых и натрикалевых вулканитов, образующих недифференцированную, непрерывную и контрастную формации. Формации повышенной калиевоности распространены в бортовых частях структур, примыкающих к континентальным блокам, и в верхних частях их стратиграфического разреза. Такой тип вулканизма подчеркивает высокую мобильность структур. Редуцированный вулканизм рудовмещающих формаций авлакогенов, развивающихся по типу грабенообразных прогибов на мощной коре континентального типа, обусловил возникновение кислых по составу вулканогенных пород натрикалевого ряда. Натровые недифференцированные базальты, относимые большинством исследователей к трапповой формации, фиксируются в некоторых рудоносных зонах в осно-

вании стратиграфического разреза. Соответствие с изменением типа магматизма в рудоносных геотектонических структурах второй группы изменяется их металлогенический профиль — терригенные эвгеосинклинали характеризуются медно-цинковой, свинцово-цинковой специализацией, авлакогены — преимущественно свинцово-цинковой.

Закономерности размещения стратиформных месторождений в авлакогенах и троговых геосинклиналях рифея определяются особенностями пространственного распространения рудоносных формаций. В частности, размещение карбонатной и черносланцевой формаций вулканогенной на северо-Енисейского края обусловило субширотную региональную зональность этих провинций. Здесь по простиранию рудовмещающих толщ с юга на север установлена смена проявлений, имеющих существенно свинцово-цинковый состав руд, медно-цинковыми колчеданными и медноколчеданными [4].

В рудоносных структурах третьей группы магматические образования крайне редки. В тех геоструктурах, где они выявлены, вулканиты представлены породами кислого состава, обнаруживающими натрикалевую субширотную специализацию. Здесь господствуют терригенно-карбонатные формации, приуроченные к структурам слабого прогиба, развивавшимся в мелководных окраинно-континентальных шельфовых или внутриконтинентальных палеобассейнах. Рудовмещающие сланцево-карбонатные и известково-доломитовые формации имеют выдержанный состав и мощность на значительных расстояниях, локализуясь либо во внешних частях складчатого обрамления платформ, либо в пределах платформ на месте погребенных перикратонных или интракратонных прогибов. Рассматриваемые геоструктуры обладают свинцово-цинковой металлогенической специализацией. В некоторых из них, формирующихся на существенно терригенных прогибах, содержащими проявления медистых песчаников, установлено медно-свинцово-цинковое оруденение.

Рудоносные геоструктуры четвертой группы сложены красно- и пестроцветными терригенными и карбонатно-те-

ригенными (иногда вулканогенно-карбонатно-терригенными) формациями с металлогенической специализацией на медь. Они накапливались в грабенообразных прогибах или впадинах в условиях дифференцированных тектонических движений.

При создании моделей геологических обстановок нахождения докембрийских стратиформных месторождений цветных металлов необходимо учитывать, что их размещение на площадях региональных рудоносных структур в значительной степени определяется различными по природе палеотектоническими и палеогеографическими факторами, отражающими специфику тектоно-магматического режима развития этих геоструктур. Положение рудных залежей в конкретных геотектонических обстановках обусловлено сочетанием литологических и палеофациальных факторов, к которым относятся благоприятные горизонты, участки литологической неоднородности рудовмещающих разрезов и другие факторы, хорошо известные для стратиформных месторождений цветных металлов фанерозойских геологических эпох [11].

В зависимости от режима развития рудоносных региональных геоструктур роль тех или иных палеотектонических и палеогеографических элементов в локализации стратиформного оруденения цветных металлов значительно изменяется. В трогах и протогеосинклиналях позднего архея — раннего протерозоя преобладают структуры, связанные со становлением рудоносных вулканогенных формаций, — вулканические постройки центрального типа, лавовые купола, зоны фаций, удаленные от центров вулканической деятельности. В терригенных эвгеосинклиналях и авлакогенах в качестве главных рудоносных структур выступают структуры сопряженных глубоководных палеоподнятий с накоплением углеродистой терригенно-флишовой и карбонатной формаций на их плечах или на относительно стабильных блоках, разделяющих палеодепрессии. Синвулканические структуры в этой группе характерны только для терригенных эвгеосинклиналей, в пределах которых рассматриваемые месторождения фиксируются в фациальных зонах, удаленных от центров активного вулканизма.

В платформенных чехлах, перекрывающих перикратонные и интракратонные прогибы, главенствующее положение в размещении месторождений занимают зоны конседиментационных складчатых и разрывных нарушений, контролирующие изменения литолого-фациального состава и мощностей рудовмещающих толщ. В миогеосинклинальных прогибах основную роль в локализации оруденения играют преимущественно конседиментационные элементы — поперечные поднятия, контролирующие накопление терригенно-карбонатных и карбонатных рифогенных формаций. В протоплатформенных (протоорогенных) и внутриплатформенных прогибах, а также в краевых прогибах древних платформ положение оруденения типа медистых песчаников и сланцев контролируется конседиментационными локальными впадинами, располагающимися над палеоподнятиями или на их склонах. Выделяются следующие основные типовые геологические модели обстановок нахождения стратиформных месторождений цветных металлов в докембрийских комплексах.

Для троговых структурно-формационных комплексов (СФК) позднего архея — раннего протерозоя с медноколчеданным и медно-цинковым колчеданным оруденением намечаются четыре обстановки:

вулканические постройки центрального типа с локализацией месторождений типа Кидд-Крик, Матагами, Флин-Флон (Канада) и др.;

лавовые купола, вмещающие такие месторождения, как Вайз, Милленбак (Канада), Биг-Стабби (Австралия);

глубоководные желоба на сопряжении зон активного вулканизма и протократона, вмещающие месторождения типа Оутокумпу, Вуонос (Финляндия) и др.;

локальные глубоководные депрессии вблизи зон активного вулканизма (зоны удаленных вулканогенных фаций), вмещающие месторождения типа Виханти (Финляндия), Вискария (Швеция) и др.

Для протогеосинклинальных (эпикратонных геосинклинальных) структурно-формационных комплексов позднего архея — раннего протерозоя со свинцово-цинковым колчеданным и

свинцово-цинковым оруденением выделяются два типа обстановок, связанных с зонами активного вулканизма: локальные депрессии, примыкающие к зонам активного вулканизма и вмещающие такие месторождения, как Фалун, Оммеберг (Швеция) и др.;

локальные депрессии в осевой части прогибов, удаленные от центров активного вулканизма — месторождения рудного района Брокен-Хилл (Австралия).

Для раннепротерозойских пестроцветных осадочных и вулканогенно-осадочных СФК протоплатформенных (протоорогенных) прогибов с рудной формацией медистых песчаников и сланцев устанавливаются четыре типа обстановок нахождения месторождений, различающихся главным образом особенностями литофациального строения рудоносных осадочных толщ. При этом оруденение локализуется:

в весьма мощных линзах пестроцветных отложений песчанико-алевролитового состава преимущественно регрессивного режима осадконакопления, комплексах фаций от континентальных (аллювиально-озерных) через подводно-дельтовые и заливно-лагунные до мелководно-морских, с многоярусно и кулисообразно размещенными рудными залежами в подводно-дельтовых и лагунных осадках;

в небольшой мощности стратиграфически выдержанных на значительной площади горизонтах сероцветных песчаников и алевролитов с участием карбонатных пород, представляющих собой накопления пересыхающих лагун в условиях регрессии;

в линзах и пластах сероцветных терригенно-карбонатных пород ограниченной мощности фаций прибрежной части мелководного палеобассейна;

в линзах или сериях пространственно сближенных линз грубообломочных и песчаных пород фаций подводных и наземных русел, выполняющих локальные депрессии.

Типовые объекты рассмотренных выше обстановок нахождения оруденения представлены медистыми песчаниками в раннепротерозойских терригенно-карбонатных отложениях Олекмо-Витимской горной страны [12].

Для СФК авлакогенов раннего рифея со свинцово-цинковым колчедан-

ным и свинцово-цинковым оруденением определены два типа обстановок: глубоководные депрессии в пределах окраинных и внутриконтинентальных морей (месторождения типа Маунт-Айза, Марк-Артур в Австралии, Саливан в Канаде); склоны относительно стабильных блоков на плечах глубокоководных депрессий (барьерные рифы, вмещающие месторождения типа Ридж-I, Ридж-II, Кули-I и Кули-II в Австралии). Для СФК терригенных эвгеосинклиналей рифея с колчеданно-полиметаллическим, медно-цинковым колчеданным и свинцово-цинковым оруденением выделены три типа обстановок:

глубоководные депрессии на сопряжениях зон активного вулканизма и внутренних относительно стабильных блоков (Рош-Пиня в Намибии, Куш в ДРА и др.);

мелководные прогибы, прилегающие к зонам активного вулканизма (медно-цинковые колчеданные месторождения Приска в ЮАР, Нукра и другие в Саудовской Аравии);

относительно стабильные блоки карбонатными формациями типа барьерных рифов (свинцово-цинковые месторождения в Енисейском кряже, Сеной и медьсодержащей свинцово-цинковой колчеданной формации (Брокен-Хилл, Мак-Артур и др.). Барий и фтор

Для СФК краевых миогеосинклиз пригодных для извлечения количественных прогибов рифея со свинцово-цинковым оруденением выделены три типа обстановки — склоны палеоподнятия, контролирующие развитие осадочных и рифогенных фаций свинцово-цинковыми месторождениями (Западное Прибайкалье). Для пестроцветных меденосных терригенно-карбонатных СФК рифея, выполняющих цветных металлов, определяющих внутриплатформенные прогибы, намечены две типовые обстановки: терьер, положенных в основу прогноза в горизонтах сероцветных битуминозных металлогенического районирования глинисто-песчано-карбонатных отложений докембрия. Необходимо отметить также залитие заливно-лагунных фаций в узке, что закономерности локализации ловия морской трансгрессии на пестроцветном оруденении, обусловленную поверхность континентальные его первичным (дометаморфизма (месторождения Замбии — Западным) нахождение, выступают на ра, Уайт-Пайн и др.); в терригенно-карбонатных толщах лагунно-дельтовых условий накопления в трансгрессивном значительное значение приобретает палеобассейне (месторождения Айнак в ДРА).

Для СФК платформенных чехлов венда со свинцово-цинковым оруденением также выделена только одна типовая обстановка — внутри- и окраинно-континентальные области слабого прогиба над погребенными перикратонными или интракратонными прогибами (месторождения Брокен-Хилл, Замбии, Дженгиле, Янга-Кубенза в Конго и др.). Для пестроцветных меденосных СФК венда, выполняющих краевые прогибы, — одна типовая обстановка: в горизонтах пестроцветных песчано-конгломератово-алевролитовых отложений лагунно-дельтового фациального комплекса (медистые песчаники ушаковской свиты Прибайкалья). Выделенные типы месторождений объединяются в ряд рудных формаций в соответствии с формационной классификацией руд цветных металлов, разработанной в ЦНИГРИ [8].

Большинству рассматриваемых типов месторождений свойствен широкий спектр промышленно-ценных элементов. С точки зрения золотодобычи наибольший интерес представляют месторождения медноколчеданной формации типов Болиден и Кидд-Крик, максимальная сереброносность характерна для месторождений медно-цинковой колчеданной формации (Брокен-Хилл, Мак-Артур и др.). Барий и фтор

наращивание или регенерацию рудных залежей и другие особенности. С учетом изложенных общих положений, отражающих специфику проведения прогнозно-металлогенических работ в докембрийских комплексах на стратиформное оруденение цветных металлов, рассмотрим критерии выделения основных прогнозно-металлогенических площадей. В соответствии с принятой в работе таксонометрией указанных площадей основным элементом прогнозно-металлогенического районирования является металлогеническая (рудоносная) зона. Металлогенические зоны отвечают структурно-формационным зонам, образованным продуктивными СФК, которые обуславливают появление (или возможность появления) определенного геолого-промышленного или формационного типа месторождений. Металлогенические зоны выделяются в пределах региональных рудоносных структур, вмещающих тот или иной тип стратиформных месторождений цветных металлов и объединяются в металлогеническую провинцию, специализированную на определенном типе докембрийских стратиформных месторождений цветных металлов. В тектоническом отношении провинции соответствуют региональным рудоносным структурам или областям их развития. В провинциях развития троговых структур раннего докембрия к металлогеническим колчеданосным зонам в первую очередь относятся те, которые расположены в периферических частях древних кратонов (протоконтинентов), обладают значительными протяженностью (порядка 1000 км) и шириной (десятки километров) [10]. Вместе с тем имеющийся фактический материал (обнаружение медно-цинкового колчеданного месторождения Айзек-Лейк в зеленокаменном поясе центральной части протоконтинента Черчилл в Канаде, медноколчеданного месторождения Вискания в узком изолированном архейском трого в Северной Швеции и др.) указывает на то, что и внутренние трого не могут быть исключены из числа потенциально перспективных металлогенических зон. Принимая во внимание данные о зональном строении наиболее крупных

наращивание или регенерацию рудных залежей и другие особенности.

С учетом изложенных общих положений, отражающих специфику проведения прогнозно-металлогенических работ в докембрийских комплексах на стратиформное оруденение цветных металлов, рассмотрим критерии выделения основных прогнозно-металлогенических площадей. В соответствии с принятой в работе таксонометрией указанных площадей основным элементом прогнозно-металлогенического районирования является металлогеническая (рудоносная) зона.

Металлогенические зоны отвечают структурно-формационным зонам, образованным продуктивными СФК, которые обуславливают появление (или возможность появления) определенного геолого-промышленного или формационного типа месторождений. Металлогенические зоны выделяются в пределах региональных рудоносных структур, вмещающих тот или иной тип стратиформных месторождений цветных металлов и объединяются в металлогеническую провинцию, специализированную на определенном типе докембрийских стратиформных месторождений цветных металлов. В тектоническом отношении провинции соответствуют региональным рудоносным структурам или областям их развития.

В провинциях развития троговых структур раннего докембрия к металлогеническим колчеданосным зонам в первую очередь относятся те, которые расположены в периферических частях древних кратонов (протоконтинентов), обладают значительными протяженностью (порядка 1000 км) и шириной (десятки километров) [10]. Вместе с тем имеющийся фактический материал (обнаружение медно-цинкового колчеданного месторождения Айзек-Лейк в зеленокаменном поясе центральной части протоконтинента Черчилл в Канаде, медноколчеданного месторождения Вискания в узком изолированном архейском трого в Северной Швеции и др.) указывает на то, что и внутренние трого не могут быть исключены из числа потенциально перспективных металлогенических зон.

Принимая во внимание данные о зональном строении наиболее крупных

по масштабам троговых прогибов раннего докембрия и установленную связь колчеданного оруденения с вулканизмом, в потенциально колчеданосные зоны объединяются центральные части структур, т. е. структурно-формационные зоны, характеризующиеся на период формирования колчеданных месторождений широким распространением вулканогенных формаций. При этом наибольший интерес представляют структурно-формационные зоны, развивающиеся в режиме вулканических островов, образованных цепочками вулканов центрального типа. Другой тип потенциально колчеданосных зон — зоны, которые на ранних этапах становления контролировались глубинными разломами и располагались в пограничной части внутренних существенно вулканогенных и внешних существенно терригенных по характеру выполнения зон зеленокаменных поясов. Они развивались в режиме глубоководных желобов и представлены черносланцевыми толщами, содержащими согласные с напластованием тела серпентинитов. В провинциях протогеосинклинальных прогибов металлогенические зоны соответствуют по объему рудоносным вулканогенно-осадочным СФК, примыкающим к краевым частям относительно стабильных блоков или срединных массивов.

Металлогеническая провинция с оруденением типа медистых песчаников и сланцев соответствует региону распространения СФК или пространственно сближенных разновозрастных СФК осадочных и вулканогенно-осадочных формаций, включающих меденосные пестроцветные или сероцветные формации и выполняющих крупные депрессионные геоструктуры. Металлогеническим зонам независимо от геотектонической позиции отвечают территории распространения меденосных формаций на определенных стратоуровнях. Размещение металлогенических зон в пределах провинции подчинено ее общему структурному плану, который определяется расположением различных отрицательных конседиментационных структур — впадин, прогибов, мульд, сопряженных с палеоподнятиями.

В провинциях авлакогенов в качестве металлогенических зон выделяются

части структур, непосредственно примыкающие к зонам проявления долгоживущих глубинных разломов, контролирующих заложение и развитие авлакогенов. Именно такие зоны выполняются потенциально рудоносными СФК. При выделении рудоносных зон следует также учитывать наличие диагональных по отношению к основной зоне разломов конседиментационных разрывных нарушений, ограничивающих по простиранию территории рудоносных зон.

В провинциях терригенных эвгеосинклиналей рифей обособливается три типа металлогенических зон, различающихся характером осадконакопления и проявлением вулканизма: 1) выделяются две группы рудных районов. Рудоносность первой из них связана с накоплением в пределах рудоносных зон продуктов непрерывной базальт-дезит-дацит-липаритовой и контра-приуроченные к активным магматической базальт-липаритовой формации, выходящим разломом с развитием непрерывной и контрастной вулканогенной толщ. При оконтуривании рудных районов первой группы необходимо учитывать данные палеовулканических реконструкций, позволяющих производить более детальное районирование с выделением обстановок, приуроченных к вулканическим постройкам центральной части, к зонам распространения вулканических куполов и к участкам развития вулканогенно-осадочных фаций, удаленных от центра вулканизма. Установление типа районов дает возможность прогнозировать ведущий тип оруденения — гидротермально-осадочный или комбинированный. Рудные районы второй группы выделяются с учетом приуроченности потенциально рудоносных черносланцевых толщ к зонам развития глубинных разломов. Признаком последних являются тела пербазитов, насыщающие рудоносный разрез.

В металлогенических зонах протогеосинклинальных прогибов рудные районы представлены частями рудоносных зон в пределах депрессий, характеризующимися контрастным разрезом, в котором широко развиты продукты липарит-трахидацит-трахилипаритовой формации, основные вулканические и глиноземистые терригенные породы, а также известняки и доломиты. Часто рудные районы располагаются на непосредственном продолжении же-

лезорудных и марганцевых рудных районов. Потенциальные рудные районы протогеосинклинальных прогибов тяготеют к участкам распространения вулканогенно-осадочных фаций, удаленных от центров активного вулканизма.

Потенциальные рудные районы с оруденением типа медистых песчаников и сланцев выделяются в металлогенических зонах как территории развития благоприятных для рудолокализации фациальных комплексов осадочных пород в пределах конседиментационных палеоструктур. Концентрируясь на определенных стратоуровнях в разрезах меденосных формаций, рудо-локализирующие фациальные парагенезы пород образуют рудоносные горизонты, которые являются одним из основных элементов рудного района. В геологоструктурном плане металлогенических зон потенциальные рудные районы располагаются в краевых частях наложенных впадин и мульд, над выступами пород основания в конседиментационных синклиналиях прогибах, на склонах крупных палеоподнятий. Устанавливается несколько типов рудных районов, меденосность которых связана с формированием рудоносных толщ в следующих обстановках: подводно-дельтовой в сочетании с заливно-лагунной, заливно-лагунной и прибрежно-морской, в зонах, близко расположенных по латерали и имеющих близкие мощности русловых и пойменно-озерных фаций приморских аллювиальных равнин.

В металлогенических зонах авлакогенов контуры рудных районов совпадают с контурами цепочек локальных палеодепрессий, приуроченных к зонам глубинных разломов и выполненным породами углеродисто-битуминозной доломито-глинистой и флишовой песчаниково-глинистой формаций.

В металлогенических зонах терригенных эвгеосинклиналей рифей выделяются три группы районов, рудоносность которых связана соответственно с черносланцевой карбонатно-терригенной, непрерывной и контрастной вулканогенными и карбонатной известково-доломитовой формациями. Оконтуривание первой группы рудных районов осуществляется по тем же признакам, что и рудных районов в

Типы провинций в докембрийских структурно-формационных комплексах (СФК), специализированных на медь, свинец и цинк

Тип провинций	Типы рудных полей (обстановок нахождения месторождений)	Ведущий геолого-промышленный тип месторождений	Примеры провинций (металлогенических зон)
I. Медно-цинковая колчеданная в троговых СФК архея—нижнего протерозоя	1. Вулканические постройки центрального типа (коэффициент эксплозивности более 30 %) 2. Лавовые купола (коэффициент эксплозивности менее 30 %) 3. Глубоководные желоба на сопряжении зон активного вулканизма и протократона 4. Глубоководные депрессии в осевых зонах прогиба	Медно-цинковый колчеданный и медноколчеданный в вулканогенных и вулканогенно-осадочных толщах (типы Кидд-Крик-1, Вайз-2, Оутонкумпу-3, Виханти-4)	Карельская (Хаутавааская, Парандовская, Ветряного пояса и др.), Алдано-Становая (Джелтулакская, Хан-Олондинская), Муйск (Каралонская, Кельская и др.), Кочетавская, Воронежская
II. Свинцово-цинковая колчеданная в протегосинклинальных СФК архея—нижнего протерозоя	1. Локальные депрессии, примыкающие к центрам активного вулканизма 2. Локальные депрессии, в осевой части прогиба, удаленные от центров активного вулканизма Депрессии над выступающими породами основания и на склонах палеоподнятий, оруденение на стратоплатформенных (протогенных) СФК раннего протерозоя	Свинцово-цинковый колчеданный (тип Фалун), колчеданный свинцово-цинковый (тип Брокен-Хилл)	Прибайкальская, Коктавская, Улутау-Бетпадалинская
III. Медная (медистых песчаников и сланцев): а) в протоплатформенных (протогенных) СФК раннего протерозоя б) в СФК рифейских внутриплатформенных прогибов	Депрессии на склонах палеоподнятий, оруденение на стратоплатформенных (протогенных) СФК раннего протерозоя Депрессии на склонах палеоподнятий, оруденение на стратоплатформенных (протогенных) СФК раннего протерозоя Впадины с отложениями заливно-лагунами и мелководно-морских фаций трансгрессивно-регрессивных режимов осадконакопления	Медистые песчаники Медистые сланцы, в подчиненном количестве — медистые песчаники	Олекмо-Витимская (Кдаро-Удоканская и др.)
в) в СФК рифея—венда краевых прогибов и краевых частей платформ	Впадины с отложениями заливно-лагунами и мелководно-морских фаций трансгрессивно-регрессивных режимов осадконакопления	Тот же	Южно-Африканская (Медный пояс Замбии, Заира), Верхнеозерская в США с месторождением Уайт-Пайн
IV. Свинцово-цинковая колчеданная и свинцово-цинковая в СФК авлакогенов раннего рифея	1. Глубоководные депрессии в пределах окраинных и внутриконтинентальных морей 2. Склоны относительно стабильных блоков и барьерные рифы на плечах глубоководных депрессий	Свинцово-цинковый колчеданный (тип Маунт-Айза), медно-цинковый колчеданный и свинцово-цинковый в карбонатных породах (тип Ридж)	Западно-Прибайкальская, Игарская и др.
V. Колчеданно-полиметаллические и свинцово-цинковые в СФК терригенных эвгеосинклиналей рифея	1. Глубоководные депрессии на сопряжении зон активного вулканизма и внутренних относительно стабильных блоков с бортовыми частями протократона	Колчеданно-полиметаллический в углеродистой терригенной толще, медно-цинковый (тип Приска), свинцово-цинковый в карбонатной толще	Тиманская
			Олокит-Делюн-Уранская, Котеро-Уакитская, Икатская, Енисейская, Джунгарско-Сарытумская, Центральноуральская, Алтай-Саянская, Таймырская, Аргунь-Курунгская, Буреинская, Мармарошская

Продолжение табл.

Тип провинций	Типы рудных полей (обстановок нахождения месторождений)	Ведущий геолого-промышленный тип месторождений	Примеры провинций (металлогенических зон)
I. Свинцово-цинковая в СФК краевых миогеосинклиналей рифея	2. Мелководные прогибы, прилегающие к зонам активного вулканизма 3. Относительно стабильные блоки с формированием фаций типа барьерных рифов Склоны палеоподнятий с развитием биогермных и рифогенных фаций	Свинцово-цинковый с флюоритом в карбонатных толщах	Прибайкальская (Байкало-Патомская), Башкирская
II. Свинцово-цинковая в СФК платформенного чехла венда	Внутри- и окраинно-континентальные области слабого прогиба над погребенными интра- или перикратонными прогибами	Свинцово-цинковый в карбонатных толщах	Майско-Кыллахская, Хараеллахская, Оленекская

пределах рудоносных авлакогенов, а второй — как рудных районов, связанных с полями развития пород непривычной и контрастной рудоносных формаций раннедокембрийских трогов. При выделении рудных районов, являющихся к полям развития карбонатных формаций, необходимо учитывать их приуроченность к поднятым блокам фундамента, границы которых совпадают с глубинными разломами.

В зонах миогеосинклинальных прогибов в качестве рудных районов выступают те участки рудоносных зон, которые соответствуют палеодепрессиям, ограниченными палеоподнятиями с зонами поперечных конседиментационных разломов.

Рудные районы в рудоносных перикратонных и интракратонных прогибах выделяются главным образом с учетом палеотектонических элементов, прослеживающихся в контурах рудоносных зон. К ним относятся границы площадей распространения различных литологических типов рудовмещающих пород преимущественно карбонатного состава, фиксируемых на сопряжении зон продольных глубинных разломов и поперечных палеоподнятий.

Перспективные участки (поисковые рудные поля) в пределах рудных районов намечаются с учетом комплекса благоприятных поисковых

критериев и признаков, выявляемых на основе анализа рудоконтролирующих факторов (литолого-стратиграфических, магматических, палеофациальных и структурных или палеоклиматических) размещения и локализации стратиформного медного, свинцового и цинкового оруденения. При локальном прогнозировании оруденения в различных типах провинций в анализ должны вовлекаться все перечисленные рудоконтролирующие факторы. Однако значение тех или других из них существенно зависит от типа региональных рудоносных структур, выявленных по характеру их формационного выполнения и приуроченности прогнозируемых участков к определенным палеоструктурам и рудовмещающим формациям.

При выделении перспективных участков развития докембрийского стратиформного оруденения цветных металлов в полной мере должны использоваться прямые и косвенные поисковые признаки, обычно применяемые при поисках медных и полиметаллических месторождений, в том числе геохимические и геофизические аномалии. Определение рационального комплекса геохимических и геофизических методов зависит от конкретных геолого-геохимических и геолого-геофизических особенностей прогнозируемых терри-

торий. В настоящей статье этот комплекс не рассматривается.

Согласно приведенным принципам прогнозно-металлогенического районирования СФК докембрия, на территории СССР установлены разновозрастные и разнотипные провинции, примеры которых приведены в таблице. Изложенные принципы позволяют разработать геологические модели обстановок нахождения в докембрии металлогенических зон, рудных районов и рудных полей, специализированных на определенный вид полезного ископаемого.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бородаевская М. Б., Кривцов А. И., Ширай Е. П. Основы структурно-формационного анализа колчеданных провинций. М.: Недра, 1977.
2. Горжевский Д. И., Козеренко В. Н. Эволюция эндогенного рудообразования и прогнозов рудных месторождений. Обзор. Сер. Экономика минерального сырья и геологоразведочных работ. М.: ВИЭМС, 1979.
3. Казанский В. И. Эволюция рудоносных структур докембрия: архейские кратоны и области протеоактивизации. — В кн.: Рудоносные структуры докембрия. М., 1982, с. 7—68.

УДК 553.6.044.001.12

Н. Н. ВЕДЕРНИКОВ, Ю. В. БАТАЛИН,
Е. М. АКСЕНОВ, А. С. МИХАЙЛОВ, И. Н. ТИХВИНСКИЙ, Р. М. ФАЙЗУЛЛИН,
И. Л. ШАМАНСКИЙ (ВНИИГеолнеруд)

Состояние и задачи локального прогноза нерудных полезных ископаемых

Создание и совершенствование методов средне- и крупномасштабного прогноза, поисков и оценки месторождений горнорудного, горнохимического, фосфатного и минерально-строительного сырья — одно из основных направлений работ ВНИИГеолнеруда и ряда других научно-исследовательских и производственных геологических организаций. Всего за одиннадцатую пятилетку внедрено более 430 разрабо-

Наибольший удельный вес в локальном прогнозе приходился на фосфатное сырье. Такие работы были выполнены в Средней Азии, Сибири и на Дальнем Востоке. За двенадцатую пятилетку количество научно-исследова-

4. Корнев Т. Я., Даценко В. М., Бозин А. Рифейский магматизм и колчеданно-полиметаллическое оруденение Енисейского края. М.: Недра, 1974.
5. Кривцов А. И. Палеовулканизм эвгеосинклинальных зон Урала и колчеданообразование. М.: Недра, 1979.
6. Попов В. Е. Вулканогенно-осадочные месторождения. Л.: Недра, 1979.
7. Принципы прогнозирования месторождений важнейших промышленно-генетических типов свинцово-цинковых руд/Д. И. Горжевский, П. Ф. Иванкин, Н. Н. Биндеман и др. — В кн.: Принципы, методы и оптимизация прогнозирования месторождений свинца и цинка. М., 1977, с. 8—16.
8. Принципы прогнозирования свинцово-цинковых месторождений и методика составления прогнозов карт/Ред. П. Ф. Иванкин, Г. В. Ручкин. М.: Недра, 1978.
9. Рудоносность и геологические формы структур земной коры/Под ред. Д. В. Ручкина. Л.: Недра, 1981.
10. Ручкин Г. В. Стратиформные полиметаллические месторождения докембрия. М.: Недра, 1984.
11. Серноколчеданные месторождения Казахстана/Под ред. В. А. Соколова. Л.: Наука, 1978. (Тр. Ин-та геологии Карельского филиала АН СССР, вып. 37).
12. Стратифицированные месторождения металлов СССР/Ю. В. Богданов, Е. З. Гурьянов, Э. И. Кутырев и др. Л.: Недра, 1973.
13. Яковлев Г. Ф. Рудоносные вулканогенные структуры эвгеосинклиналей. — Вестн. МГУ Сер. геол., 1976, № 6, с. 18—31.

тельных разработок по локальному прогнозу фосфоритов планируется увеличить в 2,5—3 раза. Основной их объем должен быть сосредоточен в районах Сибири и Дальнего Востока и выделением участков, перспективных для выявления микрозернистых типов оруденения в пределах Енисейского края, Алтае-Саянского и Байкало-Витимского (верховье р. Витим) районов, на о. Сахалин. В Средней Азии и Казахстане целесообразно увеличить локальный прогноз на зернистые фосфориты Центрально-Кзылкумского района и других перспективных площадей. В европейской части страны необходимо продолжить работы по прогнозированию залежей богатых легкообогащаемых ракушняковых и жа-

каковых фосфоритов Раквереского, Зятско-Камского и Егорьевского районов. Методические вопросы локального прогноза месторождений апатита разрабатывались в тесной увязке с геолого-техническим моделированием. В текущем пятилетии крупномасштабные работы на апатиты требуется выполнить в ряде районов Сибири и Дальнего Востока на площадях разлития апатитовых базитов, карбонатитовых массивов и кор выветривания.

Основными объектами локального прогнозирования на месторождения аморфной серы служили перспективные солянокупольные структуры Прикаспийской впадины и площади Гаурдак-Кугитангского района. При оценке широко использовались прогнозно-поисковые критерии, установленные и опробованные на месторождениях Предкарпатского и Среднеаральского сероносных бассейнов. При этом был разработан и внедрен комплекс геолого-геофизических методов, позволивший существенно повысить достоверность прогнозной оценки изучаемых объектов.

По калийным солям осуществлен крупномасштабный прогноз по Верхнекамскому, Припятскому, Предкарпатскому, а также Непскому и Среднеазиатскому бассейнам с выделением конкретных объектов для постановки поисковых, поисково-оценочных и даже разведочных работ. По Прикаспийскому бассейну в целом с учетом всех геолого-геофизических материалов (в том числе и новейших) был значительно уточнен прогноз хлоридных и сульфатных солей калия с выделением участков, перспективных для выявления микрозернистых типов оруденения в пределах Енисейского края, Алтае-Саянского и Байкало-Витимского (верховье р. Витим) районов, на о. Сахалин. В Средней Азии и Казахстане целесообразно увеличить локальный прогноз на зернистые фосфориты Центрально-Кзылкумского района и других перспективных площадей. В европейской части страны необходимо продолжить работы по прогнозированию залежей богатых легкообогащаемых ракушняковых и жа-

Локальный прогноз на горнорудное сырье за последние годы выполнялся в основном в пределах мусковит-

тоносных, флюоритовых и асбестовых рудных полей как вблизи действующих горнодобывающих предприятий, так и на новых перспективных площадях. Достоверность прогноза подтверждена результатами геологоразведочных работ, проведенных в Карело-Кольской и Мамско-Чуйской мусковитовых провинциях. Необходимо усиление прогнозных и поисковых работ по оценке пегматитовых жил с крупноразмерным и высококачественным мусковитом. Созданы методики локального прогнозирования на основе комплексирования геологических, геофизических и геохимических методов для флюоритовых районов Забайкалья, Казахстана и Украины. Целесообразно продолжение таких работ в Забайкалье, Бурятии и Казахстане.

Локальный прогноз месторождений асбеста осуществлен в Западно-Тувинском гипербазитовом поясе, где с применением геологических, аэрокосмогеофизических методов выделены и оценены перспективные участки в Бурятии, на северном борту Ферганской впадины (Кыр-Каринский район) и в других районах. Требуется расширение локального прогнозирования на апкарбонатный маложелезистый асбест в Средней Азии, Горной Шории, на юге Красноярского края. На апогипербазитовый хризотил-асбест следует усилить локальные прогнозные работы в районе Молодежного и Актотракского месторождений асбеста (Восточное Прибайкалье). Постановка локального прогнозирования на асбест целесообразна на Урале, в Средней Азии и Казахстане.

Для укрепления и расширения минерально-сырьевой базы нерудных полезных ископаемых необходимо проведение локального прогноза на перспективных графитовых, баритовых, магнезитовых, тальконосных и шунгитовых площадях.

Разработка и опробование методик локального прогноза по большому числу видов минерально-строительного сырья, в частности, для месторождений каолинов и огнеупорных глин, бентонитов, палыгорскитов и других типов, проводились, как правило, в рамках обзорных и региональных (среднемасштабных) исследований ВНИИГеолнеруда в тесном сотрудничестве

ской). Например, определенный по вещественному составу и структурной принадлежности тип сиалических блоков обусловил закономерности размещения и особенности месторождений асбеста, флюорита, меди, полиметаллов.

Однако для оценки рудогенерации и рудоносности офиолитов нельзя механически использовать принцип актуализма. Действительно, для одних групп ультрамафитов и офиолитов более вероятным следует считать тектонический механизм внедрения, для других — магматический. Соотношение их было неодинаковым на протяжении всей истории развития земной коры: на ранних этапах преобладал магматический на фоне существенно вертикальных движений, в рифейско-палеозойском этапе — магматический и тектонический на фоне вертикальных и горизонтальных движений, а позже — тектонический механизм с существенно горизонтальными движениями блоков земной коры.

Нами в складчатых системах выделяются четыре типа комплексов формаций альпинотипных ультрамафитов и офиолитов, занимающих следующие позиции:

1) близ края платформы, срединных массивов, островных дуг на сиалическом основании при участии ультраосновных расплавов (или основных — ультраосновных с твердой ультраосновной фазой) — комплекс формаций перикратонного типа;

2) в раме платформы или в срединном массиве и тесно связанных с первым типом — комплекс формаций срединных массивов;

3) близ островных дуг на симатическом основании (в результате скупивания, валоподобного поднятия океанической коры) — комплекс формаций приостроводужного типа;

4) в зонах главных глубинных разломов (на стыках между крупными жесткими блоками континентальной коры) в результате выдавливания и последующего аллохтона крупных пластин офиолитов и ультрамафитов — комплекс формаций межструктурного типа.

Все четыре типа офиолитов и ультрамафитов, связанные с одной стороны, с мантией, а с другой — с форми-

рующей континентальной корой, изучение минерагенической специализации отражают полноту и специфику геотектонизации их конкретных тектонических нического развития складчатой зоруктур и геологических формаций с ее минерагенические особенности. ставлением комплексных или специа-

К офиолитам перикратонного тизированных прогнозно-минерагенические готовят месторождения асбеста, их карт мелкого, среднего и крупно-ди (колчеданные), железа (контакта масштабов. И если мелко- и средне-во-метасоматические), магнезита, масштабные карты такого назначения дистых песчаников и др.; к альпиопределенной мере обеспечены отно-типным ультрамафитам комплекса стельно надежной геолого-геофизиче-динных массивов — поперечно-волной основой, то крупномасштабные нистого хризотил-асбеста, брусилы локальные) прогнозные карты талькомагнезита, вермикулита и для большинства даже наиболее хоро-офиолитам приостроводужного типа изученных горнорудных районов медно-порфировых руд, меди, желдраны фактически не имеют геолого-(скарновые), золота, магнезита, жаофизического и геохимического обос-ита, нефрита, некимберлитовых алвания, отвечающего современным зов и др.; к офиолитам межструктурным прогноза и поисков ме-ного типа — хромитов, платины, зорождений.

Поэтому главнейшим направлением Среди других положений можно отвышения достоверности локального тить установление связи рифтообразнога является планомерное карти-вания и эволюции бассейна фосфативание (в том числе и глубинное) накопления: авлакоген — синекли-нейших регионов страны, их текто-океанский рифт — континентальная ческих структур, структурно-форма-райна, а для месторождений апатитонных комплексов и геологических связь микроконтинентов с платформформаций с установлением их минера-и т. д. нической специализации. Другим на-

Важное значение имеет положение вавлением должны быть разработка полигенности месторождений, отчетных рудноформационных и геолого-во проявленной для асбеста, фосфоомышленных классификаций место-дов, апатитов, боратов, природной ждений полезных ископаемых и оп-ды и других неметаллов. Последоделение на их основе конкретных тельное наложение рудообразуюостранственных и вещественных мо-процессов приводит к изменению тей (образов) строения и размеще-только количественных показатея месторождений с учетом всей сово- (возникновению крупных месторожпности геолого-геофизических и гео-ний), но и качественных (технологических факторов. Только после решения этих задач ских свойств руд) в сторону как у-гут успешно разрабатываться и вне-шения, так и ухудшения. ряться прогнозно-поисковые комплек-

С методологических позиций ре-ние задач в системе прогноз — по для важнейших геолого-промыш-ки — оценка месторождений может-ных типов месторождений с учетом ществляться лишь на основе анапности прогноза, стадийности гео-всей совокупности геологических и тосъемочных и поисковых работ. нико-экономических факторов с це-жными представляются также учет выявления наиболее вероятных мизучение всех географо-экономиче-локализации полезных ископаемых, горнотехнических и технологиче-земной коре, определения их возмох факторов, т. е. выполнение геоло-ного геолого-промышленного типапромышленной оценки проявлений и также целесообразности детальн-сторождений на основе геолого-эко-изучения и последующего освоениямического и геолого-технологическо- В основе прогноза и поиска мес- моделирования и картирования. рождений, с геологической точки з-енно такой комплексный геологиче-ния, как известно, лежат режимно-ый и экономический подход к прогно-тоническое (геодинамическое) и стр- в процессе геологической съемки и турно-формационное расчленение кр-сков гарантирует обоснованную ных участков земной коры, выявле-нку прогнозных ресурсов и, следо-

вательно, наиболее оптимальный вы-бор объектов для поисково-оценочных и разведочных работ.

Для неметаллов первой группы — общесоюзное сырье (таблица) — решающими являются собственно геологические факторы их выявления и оценки, так как промышленная ценность и народнохозяйственная значимость неметаллов заведомо predeterminedены высокой стоимостью, обуславливающей целесообразность их добычи и переработки практически в любых географо-экономических и транспортных условиях. Для неметаллов второй группы — районное* или распространенное сырье — важен учет как собственно геологических (геолого-промышленных типов, геолого-геофизические и геохимические предпосылки и признаки), так и экономических (количество прогнозных ресурсов и запасов, качество и технологичность сырья) факторов. Это обуславливает необходимость применения не только комплекса геолого-геофизических и геохимических методов их обнаружения, но и всего арсенала методов изучения вещественного состава, предварительного определения технологических свойств и особенностей их возможной переработки с привлечением основных технико-экономических показателей. Для неметаллов третьей группы — местное или широкораспространенное сырье — первостепенное значение имеет изучение вещественного состава, качественных и технологических характеристик, поскольку промышленная значимость этой группы определяется местными потребностями (заявками конкретных потребителей), а геологические условия распространения, залегания и строения отличаются простотой и однотипностью.

Рассматривая в общем плане те или иные горные породы и минералы как неметаллические полезные ископаемые, необходимо иметь в виду, что сырьем для промышленности и сельского хозяйства они могут быть лишь при определенных показателях вещественного состава, физико-механических и химических свойств либо в природном состоянии, либо после соответст-

* В масштабе экономических районов страны.

Систематизация неметаллических полезных ископаемых

Тип сырья	Группа неметаллов		
	Первая (общесоюзные)	Вторая (районные)	Третья (местные)
Агроруды и горно-химическое сырье	Сульфатно-калийные соли, природная сода, бораты, природная селитра, высококачественные апатиты и фосфориты	Апатиты, фосфориты, нефелиновые сиениты	Поваренная соль, бонатные породы химической промышленности, карбонатные породы для известковых почв, торфовидная глауконит
	Хлористые калийные соли, самородная сера, сульфат натрия, бишофит, целестин, синныриты	Нефтяная и газовая сера, колчеданная сера	
Горно-рудное и минерально-строительное сырье	Мусковит, антофиллит и родусит-асбест, брусит, тальк, малокальциевый	Хризотил-асбест, вермикулит, графит, высококальциевое полевошпатовое сырье	Полевые шпаты и вошпатовые породы, талькиты и тальк-мзиты
	Барит, магнезит, апокарбонатный хризотил-асбест, флюорит, волластонит, флогопит, абразивные материалы	Абразивные материалы	
	Фарфоровые камни	Каолины, огнеупорные беложгущиеся глины, сырье для каменного литья и кислотоупоров	Тугоплавкие глины, опал-кristобалитовые породы
	Пальгорскит, бентониты	Цеолиты, Стекольные и формовочные пески, флюсовые известняки, огнеупорные минеральные пигменты	
	Шунгиты, пемзы, вулканические стекла, перлиты	Шунгитсодержащие породы, строительный камень изверженных и метаморфических пород, облицовочные и пильные стеновые материалы, активные и битумсодержащие породы, гипс и ангидрита	Строительный камень осадочных пород, строительные для створов и силикатные делей, карбонатное сырье для производства извести, глины кирпичные и плиточные
		Цементное сырье, песчано-гравийные материалы и пески для бетонов, керамзитовое сырье	

вующей переработки по технологии и техническими средствами, освоенными промышленностью. Одни и те же горные породы и минералы в зависимости от их вещественного состава и свойств, наличия в породах, кроме основных породообразующих, тех или иных со-

путствующих минералов (включая вредные), могут служить сырьем для большего или меньшего числа отраслей. И чем более широким перечню требований соответствует то или иное нерудное сырье, тем больше диапазон его отраслевого

назначения, а народнохозяйственная значимость будет зависеть в основном от масштабов потребления и геологической распространенности.

В настоящее время назрела настоятельная необходимость в разработке наряду с прогнозно-поисковыми комплексами соответствующих методических рекомендаций (указаний) по выполнению ускоренной геолого-экономической оценки и типовых методик ускоренного и комплексного изучения вещественного состава и технологических свойств месторождений неметаллов на всех стадиях их прогноза и поисков, включая и геологическую съемку. Таким образом, исходя из специфики неметаллов, можно считать, что методология, система методов и масштабы работ локального прогноза их месторождений во многом определяются конкретными видами нерудного сырья его геолого-промышленными типами. Например, для таких полезных ископаемых, как промышленные горные породы, использование которых обусловлено в основном экономическими и технологическими факторами, локальный прогноз ограничивается преимущественно анализом данных геологической съемки масштаба 1:50 000, а в системе прогноз — поиски — оценка той элемент практически выпадает, ретий — имеет явно выраженный технологический и экономический характер.

При локальном прогнозе калийных солей его масштаб (при прочих равных геологических и экономических условиях) лимитируется главным образом наличием достаточного для надежного прогноза фактического материала, основу которого составляют данные бурения скважин, пересекающих разрез галогенной формации. Необходимость в таком материале продиктована тем, что калиеносные галогенные формации, особенно их продуктивные толщи, залегают (за редким исключением) на больших глубинах. Поэтому прогнозные построения на калийные соли приходится ограничивать, как правило, масштабом 1:200 000 (даже 1:500 000) и лишь иногда — для хорошо освещенных глубоким бурением районов — масштабом 1:100 000. Более крупномасштабные прогнозные построения без бурения хотя бы ограниченно-

го числа глубоких картировочных скважин не имеют смысла, так как они приведут по-существу к формальному увеличению размеров карт. Следовательно, максимально крупный масштаб регионального прогноза на калийные соли 1:500 000. Он позволяет вполне обоснованно выделять конкретные объекты для поисков. Более крупные масштабы 1:200 000 и 1:100 000 следует рассматривать в отношении калийных солей как масштабы локального прогноза.

Исходя из геологических предпосылок, локальный прогноз и оценка соответствующих прогнозных ресурсов могут проводиться: в известных рудных полях; на перспективных площадях аналогов или гомологов месторождений; на новых площадях, потенциально перспективных для выявления новых или мало распространенных геолого-промышленных типов месторождений. Во всех этих случаях важное значение имеет выявление наряду с общими региональными и локальными предпосылками ведущих (главных) факторов локального прогноза и перспективной оценки, существенно повышающих конечную результативность работ.

Так, при оценке перспективности одного из рудных полей на родусит-асбест в масштабах 1:25 000 и 1:10 000 основным фактором было выделение структурофаций, а на антофиллит-асбест — геохимических признаков. Более сложная картина возникает при прогнозировании месторождений хризотил-асбеста: для одних его массивов петрохимические и минералогические факторы «хорошо работают», а для других они не дают надежного эффекта.

При локальном прогнозе фосфоритов ведущими являются в основном литолого-фациальные, структурные, минералогические, геофизические и геохимические критерии-признаки. Важнейшие из них — литолого-фациальные — определяют наличие продуктивной зоны и возможность образования прогнозируемого объекта. Число и значение признаков варьируют в каждом конкретном случае в зависимости от сложности и особенностей геологического строения исследуемой площади, степени ее изученности, характера имеющейся информации и др.

Например, в закрытом рыхлыми отложениями Центральнокызылкумском фосфоритоносном районе при локальном прогнозе вместе с литолого-фациальными критериями широко использовались геофизические и геохимические, которые были получены при анализе каротажных диаграмм скважин, пробуренных ранее на другие полезные ископаемые. С их помощью на прогнозируемой площади удалось определить контуры распространения промышленного пласта, его глубину залегания, мощность и с определенной долей вероятности — содержание P_2O_5 . Карты локального прогноза, как показали последующие геологоразведочные работы в этом районе, отличались высокой достоверностью и оказались надежными при выборе площадей для поисков и оценки. При прогнозе наиболее мощных и высококачественных залежей ракушняковых фосфоритов хорошую эффективность дает фациальный анализ с выделением структурных ловушек склонов и платообразных участков бассейнов фосфатонакопления.

Для калийных солей, кроме региональных факторов, существенное значение при локальном прогнозе имеет констатация приуроченности прогнозируемого объекта к локальной структуре, расположенной в наиболее погружавшейся зоне, где образовалась вмещающая его часть галогенной формации, и наличия в составе последней литолого-фациальных комплексов, возникших на наиболее высоких стадиях осолонения бассейна седиментации и имеющих максимальные мощности седиментационных циклов.

Резюмируя в целом результаты прогнозных исследований на нерудные полезные ископаемые, следует отметить, что мелкомасштабные и в меньшей степени среднемасштабные (региональные), прогнозно-минерогенические и геолого-экономические исследования на металлы, выполненные на всей территории страны и в ее отдельных регионах, позволяют наметить территориальные минерально-промышленные комплексы с определенной минерогенической специализацией и исторически сложившимся (или складывающимся) профилем горнодобывающей промышленности. Эти территориальные комплексы должны рас-

считываться как объекты для дальнейшего углубленного геологического и геолого-экономического изучения с учетом их специализации и оценки перспектив промышленного освоения. Именно в пределах тех горнорудных районов, где распространены эти комплексы, должны быть сосредоточены основные объемы крупномасштабных прогнозных исследований и поисковых работ. Последним должна предшествовать геологическая съемка масштаба 1:50 000 с общими поисками как основа выбора наиболее рациональных и оптимальных путей изучения и освоения минерально-сырьевых ресурсов неметаллов, а также планирования геологоразведочных работ.

Общее усиление прогнозных и поисковых работ на неметаллические полезные ископаемые (с учетом их основных особенностей по рассмотренным группам и конкретным видам) в единой системе прогноз—поисков—оценки может быть обеспечено путем уточнения геолого-геофизического и географо-экономического районирования территории страны с учетом структурно-геологических обстановок размещения профилирующих рудно-формационных и геолого-промышленных типов месторождений неметаллов и разработки применительно к этим районам наиболее оптимальных геолого-геофизических и геохимических методов прогнозирования и поисков, целью их комплексной геологической и экономической оценки;

повышения опережающей геологической, геофизической и геохимической изученности оцениваемых при прогнозе территорий и площадей на основе более широкого применения картирования и поискового бурения, а также аэрокосмических, геофизических, геохимических и других современных методов;

разработки и внедрения в практику геологосъемочных и поисковых работ ряда базовых построений. Следует подчеркнуть, что термин «формационный анализ» в настоящее время не всеми исследователями понимается как синоним учения о геологических формациях. Формационный анализ в металлогеническом аспек-

те — это всеобъемлющее учение о геологических, метасоматических и рудных объектах, одновременно являю-

щим состав и технологических свойств неметаллов на базе новейших технических достижений;

усиления нерудной специализации геологосъемочных и поисковых партий с учетом геологического и минерогенического профиля конкретных территорий, вплоть до включения в них групп отдельных специалистов по неметаллам;

активной координации усилий научных и производственных организаций с тем созданием специальных групп для совместного выполнения геологосъемочных, прогнозных и поисковых работ, в том числе и на опытных полигонах.

Практическая реализация указанных мероприятий имеет особое значение для локального прогноза, поскольку система его выполнения должна обеспечивать:

надежную обеспеченность материалами геолого-геофизической и геохимической изученности оцениваемых площадей, включая геологическое доизучение и глубинное картирование; моделирование объектов прогноза и

поисков на основе геолого-геофизических, геохимических и других построений не только по рудноформационным и геолого-промышленным типам прогнозируемых месторождений, но и с учетом геологических ситуаций, особенностей их локализации;

выбор и обоснование ведущих предпосылок и критериев прогноза и перспективной оценки изучаемых объектов, особенно структурных, фациальных, литолого-минералогических, геохимических, геофизических и др.;

совместное выполнение локального прогноза силами производственных и научных организаций с необходимым проведением специальных полевых работ, включая бурение скважин, геофизические, геохимические и другие исследования;

обязательную «заверку» локального прогноза поисковыми работами в тесной увязке с результатами предшествующих стадий регионального прогноза при тщательном анализе всех случаев как подтверждения, так и неподтверждения данных локального прогноза.

551.26 : 550.8.01

И. ФИЛАТОВ (ИМГРЭ), Е. П. ШИРАЙ (ЦНИГРИ)

Формационный анализ в прогнозных исследованиях

Учение о геологических формациях, называемое также «формационным анализом», стало играть ведущую роль в прогнозе и поисках месторождений полезных ископаемых. Оно не только подвергалось сомнению, но и было поддержано бурным развитием новой глобальной тектоники, существенно обогатившей палеотектоническую позицию геологических формаций и использование формационный подход в ряде базовых построений.

Следует подчеркнуть, что термин «формационный анализ» в настоящее время не всеми исследователями понимается как синоним учения о геологических формациях. Формационный анализ в металлогеническом аспек-

те — это всеобъемлющее учение о геологических, метасоматических и рудных объектах, одновременно являю-

щееся главным методом прогноза месторождений полезных ископаемых. Значение формационного анализа для прогноза рудоносности рассмотрено в ряде публикаций [1, 7, 8, 10, 14]. По геологическим и рудным формациям существует обширная, в том числе и справочная литература [2, 7, 9, 11]. Однако ряд вопросов, связанных с возможностями и методикой проведения формационного анализа в целях прогноза рудных месторождений, остается не освещенным. В статье предпринята попытка хотя бы частично восполнить «методический дефицит» в указанной проблеме.

Основной принцип формационного анализа. Формационный анализ, проводимый с целью прогноза рудных объектов, представляет собой в геологии системный анализ, который широ-

ко применяется в естествознании. Сущность формационного анализа заключается в сравнительном изучении пространственно-временных соотношений и устойчивых связей геологических, метасоматических, рудных формаций и соответствующих им иерархических единиц как более низкого, так и более высокого ранга.

Геологические, метасоматические и рудные формации в настоящее время многими исследователями рассматриваются как естественные устойчивые сообщества, возникшие в сходных геологических условиях независимо от времени формирования. Рудные формации, имеющие промышленное значение, обычно соответствуют геолого-промышленным типам месторождений. Скопления полезных ископаемых являются разновидностями или частями геологических формаций. Следовательно, определенная рудная формация, строго говоря, может быть разновидностью или частью лишь одной геологической формации, реже двух пространственно совмещенных формаций.

Что касается формаций метасоматитов, то они служат как бы связующим звеном между формациями пород и руд. Если метасоматические формации понимать как совокупность метасоматических пород, характеризующихся рядом устойчивых признаков, которые выделяются в пределах металлогенических зон и повторяются в сходных геологических условиях в других районах, то все указанные выше требования к формационной систематике руд должны выдерживаться и при систематизации метасоматитов. В этом случае метасоматическая формация, являясь разновидностью или частью геологической формации, будет также соответствовать и определенной рудной формации.

Формации — это основные таксономические единицы. При изучении эталонных металлогенических зон с целью прогноза однотипного оруденения на неопрогнозируемых территориях целесообразно анализировать последовательный ряд признаков: рудная формация — метасоматическая формация — геологическая формация. В нем для каждой отдельно взятой пары соседних признаков слева (если придерживаться математической терминологии)

располагается функция, а справа — возрастных формаций однотипные аргумент. При этом необходимо учитывать степень метаморфизма рудующих однообразные тектонические вмещающих пород. Для месторождений становления участков земной ний стратиформного класса она совпадает, будут устойчиво повторяться дает, а для нестратиформных степей как в латеральном, так и в вертикальном направлениях.

Основные критерии выделения геологических формаций следующие: парагенетическая общность слагающих комплексов пород (например, рифовых геологическая формации) проводимая известняков, обрамляющих вулканические сооружения, и риолитов, образующих последнее; принадлежность комплексов пород к одной стадии развития земной коры (например, к позднеосинклинальной — островодужной); площадное развитие комплексов пород в пределах относительно крупных региональных структур складчатой системы или древней платформы — структурно-формационных зон и устойчивая повторяемость этих комплексов в разновозрастных, но однотипных структурах; для магматических формаций — единство вулканических и плутонических комплексов, образующих тесные ассоциации соответствующих «парных» формаций; для вулканических формаций — принадлежность к кислым и основным вулканитам натриевой (для риолитов $K_2O < 2\%$, для базальтов $K_2O < 1\%$), калиево-натриевой (для риолитов K_2O 2—4%, для базальтов K_2O 1—2%) или калиевой (для риолитов $K_2O > 4\%$, для базальтов $K_2O > 2\%$) сериям.

Геологические формации, субформации и фации. По определению Н. С. Шатского, Н. П. Хераскова и других исследователей, геологические формации — это естественные комплексы горных пород, содержащие парагенетически связанные друг с другом составные части и образовавшиеся в сходных геологических условиях при однообразном тектоническом режиме. Конкретные геологические формации отвечают одной стадии развития земной коры, слагают относительно крупные региональные структурно-формационные зоны определенного возраста, а абстрактные объединяют однотипные конкретные формации независимо от их возраста. Выделяемые некоторыми исследователями метаморфические формации задают лишь относительную самостоятельность, поскольку они, как правило, представляют собой метаморфизованные разновидности тех или иных геологических формаций.

Каждая конкретная формация обычно представлена несколькими свитами стратифицированных отложений, одним или несколькими плутоническими комплексами. Следует подчеркнуть, что наиболее важным вопросом формационного анализа является вопрос об объемах выделяемых геологических формаций. Сопоставление формаций типов пород в целях прогнозирования доносности для многих территорий редко бывает затруднительным, как разные исследователи вкладывают в объем геологических формаций различные наборы комплексов. При таком же подходе к выделению

ных частей структурно-формационных зон — подзон или структурно-формационных блоков; для магматических субформаций типично также единство однотипных по составу пород вулкано-плутонических ассоциаций (например, риолитов и гранитов и соответственно риолитоидной и гранитоидной субформаций), а для вулканических — вариация щелочности и других петрохимических параметров. Например, островодужные вулканические формации калий-натриевой серии подразделяются на относительно натриевые (в риолитах $K_2O/Na_2O < 1$), калиевые (в риолитах $(K_2O/Na_2O > 1)$ и промежуточные (в риолитах $K_2O/Na_2O \approx 1$) субформации.

Субформации состоят из элементарных таксономических единиц — фаций, отражающих генезис пород, условия осадконакопления или становления магматических тел. Среди условий осадконакопления выделяются морские, лагунные и другие с соответствующими им фациями. Фации вулканических пород благодаря исследованиям В. С. Коптева-Дворникова, Е. Ф. Малеева и других геологов отчетливо подразделяются на лавовые, пирокластические, экструзивные, субвулканические и вулканогенно-осадочные. По отношению к центрам вулканических извержений они нередко расчленяются на три зоны — жерловую, промежуточную и удаленную. Фации плутонических пород представлены абиссальными и гипабиссальными полнокристаллическими и менее глубинными порфировыми разновидностями.

Рудные формации, субформации и фации. Под рудными формациями большинство исследователей понимают группы месторождений с близкими геологическими условиями нахождения и сходным составом руд. Рудные формации, как и геологические, подразделяются на конкретные и абстрактные. Конкретные формации образуют разновозрастные металлогенические зоны, а абстрактные определяют формационный тип конкретных формаций независимо от их возраста. Основные критерии выделения рудных формаций такие: устойчивая ассоциация месторождений с одной геологической формацией, реже с сочетанием двух геологических формаций; сходство эле-

ментного и минерального состава руд; площадное распространение месторождений в пределах всего ареала развития одной или двух геологических формаций, т. е. в пределах структурно-формационной зоны.

Субформации как части или разновидности формаций характеризуются: устойчивой ассоциацией месторождений с одной геологической субформацией, реже с сочетанием двух геологических субформаций; близостью элементного и минерального состава руд благодаря развитию в них одной или нескольких одинаковых минеральных ассоциаций; площадным распространением месторождений в пределах крупных частей структурно-формационных зон — подзон или структурно-формационных блоков. Разные рудные субформации включают различные минеральные ассоциации.

Рудные субформации состоят из рудных фаций, а каждая рудная фация содержит одну или несколько близких минеральных ассоциаций и контролируется одной, реже двумя геологическими фациями. Например, фации слоистых халькопирит-галенит-сфалерит-пиритовых руд контролируются кремнистыми туффитовыми фациями осадочно-вулканогенных отложений.

Соотношения геологических и рудных формаций. В разные этапы развития земной коры эти соотношения были различными. Некоторые исследователи в зависимости от характера связи оруденения с геологическими формациями подразделяют последние на типы. Одна из таких типизаций была предложена Д. В. Рундквистом и др. [12], подразделившими рудоносные формации на продуктивные, составной частью которых являются рудные формации, материнские, выступающие в качестве источников рудного вещества, и рудовмещающие.

Подобные типизации проведены также А. И. Кривцовым [7] и В. М. Немцовичем [8]. При этом рудоносная, рудогенерирующая и рудовмещающая формации, по А. И. Кривцову, и рудоконтролирующая, рудогенерирующая и рудовмещающая формации, объединяемые как рудоносные, по В. М. Немцовичу, отвечают продуктивной, материнской и рудовмещающей формации

ям, по Д. В. Рундквисту. А. И. Кривцов [7] дополнительно выделил рудовмещающие формации как источники энергии (но не вещества) при рудообразовании. Современное состояние проблемы связи геологических и рудных формаций, по мнению автора данной статьи, позволяет наиболее надежно выделять рудоносные формации, постоянно содержащие в своем составе однотипные рудные формации независимо от возможных причин такой устойчивой связи.

Критерии рудоносности геологических формаций следующие: устойчивые, постоянно повторяющиеся в пределах различных регионов, т. е. разных возрастных структурно-формационных зон, пространственные и временные ассоциации однотипных геологических формаций и соответствующего оруденения; корреляция состава руд вмещающих пород и минерального состава руд (в частности, для магматических формаций корреляция петрологических особенностей и состава руд, например, содержания калия в кристаллических и оловянно-полиметаллических вулканогенных формаций и соотношения меди и свинца в рудах месторождений колчеданного семейства); др. (например, свинцово-цинковые проявляются при рассмотрении соотношений геологических и рудных формаций платформенными, в том числе платформенными, преимущественно городными металлов в различных этапах развития земной коры (таблица). Прими, лагунами, дельтовыми) вулканогенно-осадочными и осадочными формациями связаны стратиформные, характеризуются устойчивыми ассоциациями гипербазитовых формаций, дистоникелевых и золото-сульфидных залежей, которым нередко в одних и тех же металлогенических зонах сопутствуют железистые кварциты, серно- и медноколчеданных руд.

Для разновозрастных первичных геосинклинальных систем типичны ассоциации базальтоидных натриевых формаций как вулканических, так и плутонических, раннеостроводужных медно-цинково-колчеданных и рудовмещающих в островодужные стадии формирования. Вторичные эвгеосинклинальные системы, сопряженные во времени и пространстве с первичными, включают широкий спектр месторождений колчеданного семейства, который иногда дополняется золото-порфировыми объектами. Сложный ряд месторождений благородных и цветных металлов возникает в орогенный (континентальный) этап в связи с проявлением молассовой формации межгорных прогибов, вулканических и плутонических формаций внутренних и более крупных поясов. При этом краевые пояса отличаются от внутренних не только размерами, но и широким развитием калиевых, кальциево-натриевых, нередко плутонических формаций, слагающих более нижние этажи приближенные к палеоокеану этажи поясов, обуславливая латерально-вертикальную металлогеническую зональность со сменой медно-порфировых месторождений зоной серебро-полиметаллическими и оловянно-полиметаллическими формациями (см. таблицу). Металлогеническая специализация формаций по сравнению с орогенными (континентальными) геосинклинальными в еще большей степени зависит от состава субстрата. Некоторые рудные объекты формируются лишь при определенном сочетании разнотипных геологических формаций и связанного с ними оруденения. Указанные критерии отчетливо проявляются при рассмотрении соотношений геологических и рудных формаций платформенными, в том числе платформенными, преимущественно городными металлов в различных этапах развития земной коры (таблица). Прими, лагунами, дельтовыми) вулканогенно-осадочными и осадочными формациями связаны стратиформные, характеризуются устойчивыми ассоциациями гипербазитовых формаций, дистоникелевых и золото-сульфидных залежей, которым нередко в одних и тех же металлогенических зонах сопутствуют железистые кварциты, серно- и медноколчеданных руд.

Изменение условий становления геологических и рудных формаций в процессе необратимой эволюции земной коры приводит к возникновению закономерных латерально-вертикальных рядов этих формаций. Вертикальная составляющая таких рядов обусловле-

на стадийностью геологических процессов и фациальной сменой разноглубинных геологических и рудных формаций, латеральная — латеральной сменой условий становления разновозрастных формаций (например, островодужных окраинно-морскими или шельфовыми в периокеанических и, следовательно, в любых геосинклинальных зонах). Латеральные ряды формаций наиболее фундаментально рассмотрены в работах А. И. Кривцова и других исследователей [5, 6 и др.].

Анализ латерально-вертикальных рядов геологических и рудных формаций позволяет выделить разнотипные структурно-формационные и металлогенические зоны. При анализе этих рядов необходимо учитывать их фрагментарность и унаследованность. Фрагментарность выражается в том, что становление формаций одной стадии протекает в отдельных, автономно развивающихся подзонах, или блоках. Унаследованность, обусловленная составом и строением субстрата формационных рядов, подчеркивается однотипным петрологическим и металлогеническим профилем разновозрастных формаций (например, базальтоидным и соответственно железо-меднорудным), их неоднократным повторением со смещением по латерали (как это установлено для силурийской, среднедевонских эйфельской и живетской колчеданноносных формаций Урала).

В геосинклинальных формационных рядах глубинность становления рудоносных формаций возрастает, а в орогенных убывает. Анализ рядов геологических формаций на основе палеореконокструкций позволяет прогнозировать не только геолого-промышленный тип ожидаемого оруденения, но и его масштаб, минеральный тип, структурно-морфологические особенности проявления. При этом по известным геологическим и рудным формациям можно прогнозировать в пределах конкретного ряда и недостающие рудные формации.

Формационный контроль размещения рудных месторождений. Все месторождения ассоциируют с определенными геологическими формациями, либо с их сочетаниями, подчиняясь формационному контролю. Формационный контроль может быть как ре-

Сравнительная характеристика основных рудосыпных геологических и рудных формаций месторождений цветных и благородных металлов*

Геотектоническая позиция	Геотектонический тип - формационных зон	Рудосыпная геологическая формация	Геохимическая специализация рудосыпной геологической формации	Рудная формация (геологический промышленный тип)	Геологическая субформация	Рудная субформация
Протогеосинклинальные зеленокаменные пояса	Периокеанические рифтовые долины	Коматиитовая натриевая	Ni, Cu, Co, Pt	Медисто-никелевая (маунтгейский)	—	—
То же	То же	Риолит-базальтовая кремнисто-терригенная натриевая	Au, Fe	Золото-сульфидно-кварцевая (Поркьютин-Колар)	Базальтовая кремнисто-терригенная Риолит-базальтовая терригенно-кремнистая	Золото-кварц-сульфидная Золото-кварцево-карбонатно-полисульфидная
»	»	Габбро-пироксенит-перидотитовая натриевая	Ni, Cu, Co, Pt, Au	Медно-никелевая (печенгский)	—	—
Офиолитовые пояса первичных эвгеосинклинальных систем	»	Базальтовая дацит-содержащая натриевая	Cu, Zn, Au, Fe, Co, Se, Te	Медноколчеданная (кипрский)	—	—
Первичные эвгеосинклинальные системы	Ранние островные дуги	Риолит-базальтовая натриевая	Cu, Zn, Au, Se, Te, Cd	Медно-цинковоколчеданная (уральский)	Риолит-базальтовая Риолит-дацит-базальтовая	Медно-цинковоколчеданная Свинцосодержащая медноколчеданная
Вторичные эвгеосинклинальные системы	Ранние островные дуги, наложенные на фрагменты срединных массивов	Базальт-андезит-дацит-риолитовая натриевая и калий-натриевая	Zn, Cu, Pb, Au, Ag, Cd, Se, Te	Свинцово-медно-цинковоколчеданная (малокавказский — куроко)	Базальт-андезит-дацит-риолитовая натриевая Андезит-дацит-риолитовая калий-натриевая	Свинцово-медно-цинковоколчеданная Медно-свинцово-цинковоколчеданная Свинцово-цинково-колчеданная (золото-барит) - колчеданная
То же	Ранние островные дуги и окраинные моря, наложенные на остаточные блоки срединных массивов	Базальт-риолитовая кремнисто-терригенная калий-натриевая	Zn, Pb, Cu, Ag, Au, Cd, Se, Te	Медно-свинцово-цинковоколчеданная (рудноалтайский)	Базальт-риолитовая малокавказская Базальт-риолитовая калий-натриевая Риолитовая калиевая	Свинцово-медно-цинковоколчеданная Медно-свинцово-цинковоколчеданная (золото-барит) - колчеданная
»	Депрессии окраинных морей	Базальт-риолит-содержащая терригенная	Zn, Pb, Cu, Cd, Ag, Se, Te	Медьсодержащая свинцово-цинково-	Базальтсодержащая терригенно-содержащая терригенно-флишoidalная	Свинцосодержащая медно-цинковоколчеданная
Первичные и вторичные эвгеосинклинальные системы	Зрелые островные дуги	Габбро-диорит-кварцеводiorитовая натриевая	Cu, Au, Mo, Te	Медно-порфировая (Пангуна)	—	—
То же	То же	Габбро-диорит-плагиогристовая натриевая	Au, Cu, Pb, Te	Золото-порфировая (Поргера)	—	—
Терригенные геосинклинальные системы	Фронтальные депрессии зрелых островных дуг	Углеродсодержащая карбонатно-терригенно-флишoidalная	Au, As, Sb, Ag	Кварцево-золото-сульфидная (Бендиг)	—	—
Орогенные пояса первичных геосинклинальных систем	Межгорные депрессии	Молассовая	Au, As	Золото-сульфидная (Джуно)	Кремнисто-углисто-карбонатно-терригенная Графит-андезит-базальтовая углисто-терригенная	Золото-сульфидная Золото-кварцевожильная
Орогенные пояса эвгеосинклинальных систем	Поздние островные дуги	Габбро-адамеллит-гранодиоритовая калий-натриевая	Au, As, W, V	Кварцево-золоторудная (Гросс-Валли-Невада-Сити)	Адамеллит-гранодиоритовая Габбро-диорит-гранодиоритовая	Кварцево-золотополусульфидная Кварцево-золоторудная
Орогенные пояса на геотерогенном субстрате	Ранние краевые и внутренние вулкано-плутонические пояса	Габбро-диорит-гранодиоритовая натриевая, калий-натриевая	Au, Bi, W, As, Sb	Золото-кварцево-сульфидно-порфировая (Деламап)	—	—
Орогенные пояса на геотерогенном субстрате	Ранние краевые и внутренние вулкано-плутонические пояса	Габбро-диорит-гранодиоритовая калий-натриевая, калиевая	Cu, Mo, Au, Ag, Zn, Pb, W	Медно-молибден-порфировая (чилийский)	Габбро-диорит-гранодиоритовая Диорит-гранодиорит-монцитонитовая	Молибден-медно-порфировая Медно-молибден-порфировая
То же	Краевые и внутренние вулкано-плутонические пояса	Андезит-дацитовая калий-натриевая	Au, Ag, Te, Se, Sn, Sb, Hg	Золото-серебряная (невадийский)	Андезит-базальтовая Андезитовая Риолитовая	Золото-теллуридная Серебро-золотая Золото-серебряная
Орогенные пояса на терригенном субстрате	Поздние краевые и внутренние вулкано-плутонические пояса	Диорит-монцитонитовая калиевая	Ag, Pb, Zn, Cu, Sn, Au, V	Серебро-сульфидно-порфировая (перуанский)	—	—

* Составлена с привлечением материалов М. Б. Бородаевской, Д. И. Горжевского, А. И. Кривцова, М. М. Константинова, А. П. Лихачева, В. А. Нарсеева, Г. В. Ручкина, Н. А. Фогельман.

Геотектоническая позиция	Геотектонический тип структурно-формационных зон	Рудоносная геологическая формация	Геохимическая специализация рудоносной геологической формации	Рудная формация (геологический промышленный тип)	Геологическая субформация	Рудная субформация
Орогенные пояса на терригенном субстрате	Поздние краевые и внутренние вулканоплутонические пояса	Дацириолитовая (интимбриговая) калевая	Ag, Pb, Zn, Cu, Sn, Bi, Sb	Серебро-полиметаллическая (мексиканский)	—	—
То же	То же	Гранодиорит-лейкогранитовая	Sn, Ag, Au, W, Bi	Олово-серебряно-порфировая (болливийский)	—	—
Орогенные пояса на карбонатном субстрате	Поздние краевые и внутренние вулканоплутонические пояса фундамента и чехла массивов ранней консолидации	Углисто-кремнисто-карбонатная; трахириолит-трахиандезитовая	Pb, Zn, Cu, Ag, Sb, In, Sn, Bi, Cd	Свинцово-цинковая «скарновая» (приаргунский)	Трахириолитовая Трахиандезитовая	Свинцово-цинковая «скарновая» Медно-свинцово-цинковая «скарноватая»
Орогенные пояса на геотерогенном субстрате	Поздние краевые и внутренние вулканоплутонические пояса фундамента и чехла массивов ранней консолидации	Трахириолит-трахиандезитовая и др.	Pb, Zn, Cu, Ag, Bi, Cd, As	Свинцово-цинковая жильная (садонский)	—	—
Субплатформенные окраинно-континентальные депрессии	Шельфовые депрессии чехла массивов ранней консолидации	Трахизальт-трахит-кремнисто-карбонатная	Pb, Zn, Ag, Cd, As, Ge, Te	Железо-марганцево-свинцовоколчеданная (атасульский)	Трахизальт-трахит-карбонатная; трахизальт-трахит-кремнисто-карбонатная	Железо-марганцевая окисная Барит-свинцово-цинковоколчеданная
Субплатформенные и внутриплатформенные депрессии	Лагунные депрессии чехла древних платформ и массивов ранней консолидации	Углисто-кремнисто-карбонатная	Pb, Zn, Ag, Ge, Tl, Hg	Свинцово-цинковая стратиформная (миргалимсайский)	Углисто-карбонатная Углисто-кремнисто-карбонатная	Свинцовая стратиформная Свинцово-цинковая стратиформная
То же	То же	Красноцветная молассовая (эвапоритовая)	Cu, Pb, Zn, Au, Ag, Pt	Медистых сланцев и песчаников (замбийский)	Сероцветная терригенно-карбонатная Пестроцветная терригенная	Медистых сланцев Медистых песчаников
Активизированные кратоны и чехлы древних платформ	Зоны активизации и протоктивизации	Габбро-норитовая	Cu, Ni, Co, Au, Pt, Ag	Медно-никелевая (норильский)	Габбро-троктолитовая Габбро-долеритовая Габбро-пироксенитовая	Никелево-медная Медно-никелевая

ональным, так и локальным, что в первую очередь рассмотрено на примере месторождений цветных и благородных металлов [3, 4, 10, 13 и др.]. Формационный региональный контроль позволяет осуществлять прогноз металлогенических зон и, реже, рудных районов, а также прогноза рудных объектов меньшего масштаба, начиная с рудных районов, необходимо иметь данные и локальных факторов формационного контроля.

Формационные региональный и локальный факторы контроля наиболее отчетливо проявлены в размещении стратиформных месторождений. Стратиформными могут быть отнесены не только пластовые залежи вулканогенно-осадочных и осадочных руд, являющихся частями определенной геологической формации, но и пластовые магматического происхождения, включенные в занимающие тот или иной стратиграфический уровень магматической рудоносной формации.

Формационный региональный контроль размещения металлогенических зон со стратиформным медным и медно-никелевым оруденением обусловлен развитием рудоносных геологических формаций палеокеанических рифтовых впадин, ранних островных дуг, лагунальных впадин палеоконтинентов и зон активизации последних. Формации с оруденением маунткейского и печенгского типов проявлены только в древней эпохи, а остальные — и в более молодые. Медно-цинковоколчеданные месторождения уральского типа формировались во все эпохи в островодужных условиях на мощной гранулит-базальтовой коре. Они входят в состав базальтоидных формаций, тесно ассоциируя с кремнекислыми породами прерывной серии. При этом масштабы месторождений, размещение залежей в платформе и вертикали в вулканическом разрезе и особенности минерального состава руд определяются интенсивностью и объемами кислого магматизма, завершающие фазы которого протекают в типично островной обстановке. Возрастание объема кислых вулканитов приводит к обеднению руд железом (пиритом) и соответственно к обогащению их главными

компонентами и элементами-примесями.

Формационный региональный контроль размещения металлогенических зон со стратиформным свинцово-цинковым оруденением выражен в проявлении рудоносных формаций ранних островных дуг, наложенных на фрагменты срединных массивов (малокавказский тип), более крупные их остаточные блоки и собственно срединные массивы (рудноалтайский тип); окраинных морей (филиппинский тип); шельфовых и лагунных впадин палеоконтинентов (соответственно атасульский и мигалимсайский типы). Для выявления потенциальных металлогенических зон, таким образом, требуется установление в пределах вторичных геосинклинальных систем и их активизированных рам, фиксируемых древними поднятиями, ареалов развития рудоносных формаций.

Формационный региональный контроль распространения металлогенических зон со стратиформным золотым оруденением подчеркивается ареалами развития базальтоидной вулканогенно-осадочной формации в пределах архейско-протерозойских золотоносных поясов, не повторяющейся в более молодые эпохи и нередко включающей, кроме золотосульфидных руд, железистые кварциты, углеродсодержащих формаций — карбонатно-терригенно-флюидной во фронтальных депрессиях зрелых островных дуг и молассовой вулканогенно-осадочной в межгорных прогибах. Разнообразие морфологических типов золоторудных залежей черносланцевых толщ очевидно, связано с перераспределением сингенетического рудного вещества вследствие послерудных метаморфических преобразований вмещающих пород.

Формационный локальный контроль в размещении стратиформного оруденения состоит в тесной ассоциации рудоносных геологических и рудных субформаций и фаций в пределах рудных районов, полей и месторождений. Особенно детально он изучен для медно-свинцово-цинковоколчеданных месторождений. Так, последовательная и контрастная формации рудных районов соответственно малокавказского и рудноалтайского типов представлены субформациями, различающимися ще-

лочностью (см. таблицу). Последняя определяется близостью или удаленностью выступов континентального субстрата вторичногеосинклинальных прогибов. В рудных районах эталонной Рудноалтайской зоны, например, каждая субформация имеет свой металлогенический профиль и корреспондируется с определенной субформацией медно-свинцово-цинково-колчеданной рудной формации. К ареалам развития натриевой и одновременно более базальтоидной субформации, тяготеющей к палеоокеану (Иртышской зоне), приурочены обогащенные медью месторождения, фактически малокавказского типа (Орловское, Николаевское и др.) Калиевая и одновременно более риолитоидная субформация остаточных поднятий специализирована на обедненные медью рудные объекты свинцово-цинково-колчеданной субформации (Ленинское, Зыряновское и другие месторождения). С промежуточной субформацией наложенных прогибов ассоциируют месторождения медно-свинцово-цинково-колчеданной субформации (Корбалихинское, Золотушинское и др.).

Рудные поля в пределах районов приурочены здесь к локальным вулканическим прогибам, сложенным преимущественно кремнекислыми вулканами одной субформации рудоносной формации. Локализация месторождений в пределах рудных полей определяется не формационным, а формационно-фациальным контролем. Формационно-фациальный контроль локализации месторождений тех же малокавказского и рудноалтайского типов заключается в развитии рудоносных фаций в разрезе продуктивных субформаций, фиксирующих обычно отрицательные вулканические структуры. Перспективным участкам рудных полей (потенциальным и реальным месторождениям) здесь отвечают вулканические впадины на склонах стратовулканов, экструзивных куполов и в прибортовых частях межвулканических палеодепрессий, выполненные тонкообломочными, нередко кремнистыми фациями.

Формационный региональный контроль размещения металлогенических зон с нестратиформным оруденением медно-порфиrowой, золото-порфиrowой,

кварцевозолоторудной, золото-кварцевой, медно-порфиrowой, медно-сульфидно-порфиrowой, медно-молибден-порфиrowой, серебро-сульфидно-порфиrowой, и олово-серебряно-порфиrowой рудных формаций (см. таблицу).

Подчеркивается распространением доносных интрузивных массивов рудитового (монцодиоритового) ряда, которые вместе с вулканогенными андезититоидными позднеостроводужными или раннеорогенными (в пределах рифтовых и внутренних поясов) формациями образуют вулкано-плутоническую ассоциацию. Золото-серебряные и более поздние серебро-полиметаллические и свинцово-цинковые жильные оруденения, независимо от того, являются ли они «скарновыми» месторождениями, контролируются ареалами развития позднеорогенных андезититоидно-риолитоидных и риолитоидных формаций краевых и внутренних вулканических куполов, которые в них проявились в условиях периферических поясах представлены эффузивными фациями, а в их фундаментах островных дуг и окраинных морей. Негиповулканическими трещинными оруденениями осложняются они в пределах лампрофиров, гранитоидных островных дуг и вулкано-плутонических поясов. В последнем случае усложнение нередко вызвано устойчивыми постоянно повторяющимися сочетаниями разнотипных геологических формаций фундамента и чехлов, обогащенными соответствующими рудными компонентами. В таких случаях он определяет субформационную принадлежность объектов (для золото-серебряных месторождений позволяет осуществить прогноз не только самих объектов (свинцовых концентратов), в других — возможность возникновения самих объектов (свинцовых концентратов)). Следует отметить, что для всех этих типов месторождений, в том числе штокверковых и жильных, отчетливо проявляется фациальный контроль оруденения. Избирательная локализация рудных тел в пределах одной или нескольких фациальных разновидностей пород используется не в полной мере. По мнению авторов статьи, альтернативы формационному анализу в настоящее время не существует.

Для локализации месторождений усложнение нередко вызвано устойчивыми постоянно повторяющимися сочетаниями разнотипных геологических формаций фундамента и чехлов, обогащенными соответствующими рудными компонентами. В таких случаях он определяет субформационную принадлежность объектов (для золото-серебряных месторождений позволяет осуществить прогноз не только самих объектов (свинцовых концентратов), в других — возможность возникновения самих объектов (свинцовых концентратов)). Следует отметить, что для всех этих типов месторождений, в том числе штокверковых и жильных, отчетливо проявляется фациальный контроль оруденения. Избирательная локализация рудных тел в пределах одной или нескольких фациальных разновидностей пород используется не в полной мере. По мнению авторов статьи, альтернативы формационному анализу в настоящее время не существует.

Формационный локальный контроль размещения нестратиформного оруденения проявляется в развитии ассоциации рудоносных и рудных субформаций и фаций и их сочетаний в фундаменте и чехле массивов ранней консолидации.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы.

1. Основой формационного анализа является принцип соответствия гео-

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бородаевская М. Б., Горжевский Д. И. Значение формационного анализа при прогнозе рудных месторождений. — Сов. геология, 1985, № 10, с. 22—30.
2. Геологические формации. Терминологический справочник/Под ред. Ю. А. Косыгина. М.: Недра, 1982.
3. Константинов М. М., Левитан Г. М. Магматические формации золотоносных областей. — В кн.: Принципы и методы формационного анализа при прогнозе и поисках месторождений цветных и благородных металлов. М., 1983, с. 10—17. (Тр. ЦНИГРИ, вып. 185).
4. Константинов М. М., Сидоров А. А. Серебрянорудные формации вулканических областей. — Сов. геология, 1985, № 1, с. 27—32.
5. Кривцов А. И., Лутков Р. И., Ширай Е. П. Типы колчеданосных зон Урала и их металлогенические особенности. — Докл. АН СССР, 1975, т. 220, № 2, с. 429—432.
6. Кривцов А. И. Палеовулканизм эвгеосинклинальных зон Урала и колчеданобразование. М.: Недра, 1979.
7. Кривцов А. И. Принципы классификации геологических формаций по роли в рудогенезе. — Геология рудных месторождений, 1984, № 1, с. 67—71.
8. Немцович В. М. Формационный анализ при региональных геологических и прогнозно-металлогенических исследованиях. — Сов. геология, 1985, № 2, с. 86—99.
9. Основные типы рудных формаций. Терминологический справочник/Под ред. Ю. А. Косыгина. М.: Наука, 1984.
10. Принципы формационной классификации месторождений цветных и благородных металлов/М. Б. Бородаевская, Д. И. Горжевский, А. И. Кривцов и др. — Сов. геология, 1984, № 6, с. 3—12.
11. Рудные и рудоносные формации. Терминологический справочник/Под ред. Ю. А. Косыгина. М.: Недра, 1983.
12. Рудоносность и геологические формации структур земной коры/Под ред. Д. В. Рундквиста. Л.: Недра, 1981.
13. Ручкин Г. В., Дерюгин Ю. Н. Золотоносность архейских зеленокаменных поясов. — Обзор. Сер. Геологические методы поисков и разведки м-ний металлич. полезных ископаемых. М.: ВИЭМС, 1985.
14. Формации руд цветных и благородных металлов/М. Б. Бородаевская, Д. И. Горжевский, А. И. Кривцов и др. — В кн.: Металлогения Урало-Монгольского складчатого пояса. Тезисы докладов X Всесоюз. металлоген. совещ. Т. 1. Алма-Ата, 1983, с. 153—164.

М. Н. СТОЛПНЕР, А. Ф. ФОКИН,
В. В. ЧУПРОВ (НПО «Рудгеофизика»),
А. И. БУРДЭ (ВСЕГЕИ)

Методические основы геофизических исследований при локальном прогнозе месторождений твердых полезных ископаемых

Общая схема поисков месторождений полезных ископаемых в оптимальных условиях реализуется на основе принципа последовательных приближений путем сужения изучаемых площадей, укрупнения масштаба (детальности) исследований и соответственно перехода от изучения крупных сложных объектов высокого ранга — металлогенических зон, рудных районов и узлов к относительно более простым объектам — рудным полям и месторождениям [5]. В зависимости от решаемых задач система поисковых геологоразведочных работ состоит из двух последовательных взаимосвязанных этапов — прогноза площадей, перспективных на нахождение рудных объектов, с оценкой их прогнозных ресурсов (категории P_3 , P_2) и непосредственных поисков полезных ископаемых с оценкой прогнозных ресурсов категории P_1 и запасов категории C_2 выявленных рудных объектов. Целевыми объектами прогноза, следовательно, являются площади (блоки земной коры), перспективные на нахождение рудных скоплений различного ранга, а целевыми объектами непосредственных поисков — месторождения полезных ископаемых.

Научно-технический прогресс и повышение эффективности локального прогноза и поисков связаны с совершенствованием методики геологоразведочного процесса, в частности, с разработкой эффективных прогнозно-поисковых комплексов методов проведения работ, с совершенствованием методики формирования и использования моделей и критериев целевых объектов.

Прогнозно-поисковый комплекс (ППК) — оптимальное сочетание рациональных комплексов методов (РК) в системе стадия геологоразведочных работ — изучаемый объект — признак (критерий) объекта — метод — результаты работ, предусматривающее различные варианты последовательности

применения рациональных комплексов в зависимости от геологических условий, степени геологической изученности и экономической освоенности района, а также от результатов, полученных в процессе геологоразведочных работ [5]. Рациональный комплекс методов является частью ППК в пределах стадии геологоразведочного процесса и представляет собой экономически обоснованное сочетание методов, обеспечивающее надежное решение поставленной геологической задачи в конкретных условиях изучаемого района.

Геофизические методы — неотъемлемая часть комплекса методов, используемых в современном геологоразведочном процессе [8]. Представление об общих взаимоотношениях элементов системы геологоразведочных работ и геофизических исследований дает таблица. Из нее следует, что прогнозно-поисковый комплекс геофизических методов — одна из подсистем ППК.

Характерная особенность геологоразведочного процесса заключается в изучении рудных объектов каждого ранга, как правило, на двух смежных стадиях (см. таблицу). При комплексировании методов эта особенность выражается в том, что ППК состоит из двух взаимопроникающих подкомплексов — общего (многоцелевого), решающего задачи изучения закономерностей размещения, выявления и прогноза полезных ископаемых, и специализированного, направленного на изучение и оценку прогнозируемых и выявленных объектов. Взаимоотношения между этими двумя подкомплексами таковы, что специализированная часть подкомплекса предшествующей стадии обычно становится основой общего подкомплекса последующей стадии геологоразведочных работ, выполняемых в более крупном масштабе.

Наличие двух подкомплексов ППК определяет двухэтапное проведение

Система и подсистема геологоразведочных работ				Геологопоисковые и оценочные работы			
Задачи поисков		Прогнозирование площадей		Поиски полезных ископаемых		Оценка выявленных месторождений и рудных проявлений	
Элементы системы	Стадии (подстадии)	Региональные работы масштаба 1 : 200 000	Геологосъемочные работы масштаба 1 : 50 000 с общими поисками	Поисковые работы	Поисково-оценочные работы	Предварительная разведка	
	Изучаемые объекты	Металлогеническая зона	Рудный район	Рудное поле	Месторождение	Рудное тело	
	Результаты работ	Перспективные геологические структуры, прогнозных ресурсы P_3	Прогнозные площади (рудные поля), прогнозных ресурсы P_2	Месторождения (группы месторождений), прогнозных ресурсы P_2 (P_1)	Запасы месторождений C_2 и прогнозных ресурсов P_1	Промышленная оценка месторождений, запасы C_1 и C_2	
	Физико-геологические модели (ФГМ) изучаемых объектов	Обобщенные ФГМ рудо-контролирующих ГСО	Обобщенные и частные ФГМ рудо-контролирующих ГСО и рудо-вещающих СВК	Обобщенные и частные ФГМ рудо-вещающих и рудных СВК	Обобщенные и частные ФГМ рудных СВК	Частные ФГМ рудных СВК	
Элементы подсистемы	Геофизические критерии (ГФК) объектов	Рудо-контролирующих ГСО	Рудо-контролирующих ГСО и рудо-вещающих СВК	Рудных СВК	Рудных СВК	Рудных СВК	
	Комплексы геофизических методов (КМ)	Типовые	Типовые и рациональные	Типовые и рациональные	Типовые и рациональные	Типовые и рациональные	
	Подсистема комплексирования геофизических методов	Прогнозно-поисковый комплекс геофизических методов					

Примечание. ГСО — геолого-структурная обстановка, СВК — структурно-вещественный комплекс

мирование критериев прогноза; выделение прогнозных площадей (участков) и оценка степени их перспективности или прогнозных ресурсов; составление прогнозных схем (карт).

Важнейшую роль в реализации указанной схемы прогнозирования играет формирование надежных критериев прогноза. При массовом применении эта схема может быть сокращена. В частности, операцию формирования критериев прогноза и предшествующие им операции целесообразно выполнять заранее — в процессе региональных металлогенических исследований и при построении прогнозно-поисковых моделей.

В отношении использования геофизических данных при крупномасштабном прогнозе площадей, перспективных на нахождение рудных узлов, рудных полей и месторождений, намечались два взаимосвязанных подхода: анализ физических полей для выявления, прослеживания (оконтуривания) и изучения рудоконтролирующих факторов, б) непосредственное нахождение устойчивых связей между характерными особенностями (морфологией) физических полей и закономерностями размещения оруденения. С известной долей условности первый подход можно назвать картировочным, второй — структурно-морфологическим.

Картировочный подход к применению геофизических данных для прогнозирования предусматривает геологическую интерпретацию физических полей, базирующуюся главным образом на сложившихся металлогенических концепциях, представлениях о геологических критериях прогнозирования и известных петрофизических характеристиках изучаемой среды. При таком подходе геофизические данные имеют существенное, но, как правило, вспомогательное значение. Получение с их помощью геологической информации осуществляется дифференцированно, с ориентацией на изучение конкретных объектов (рудоконтролирующих факторов). При этом весьма ценная информация о структурно-вещественных особенностях геологического строения, отраженная в морфологии физических полей, зачастую утрачивается. Необходимой предпосылкой для более эф-

фективного использования геофизических данных при картировочном подходе к прогнозу служит высокая степень геолого-геофизической изученности исследуемой территории либо, минимум, смежных с ней площадей аналогичного строения.

Картировочный подход к использованию геофизических данных при крупномасштабном прогнозе в настоящее время достаточно традиционен. Рассмотрен в целом ряде методических пособий. Опыт применения геофизических данных при изучении рудоконтролирующих факторов в связи с крупномасштабным прогнозированием месторождений различных рудных формаций широко освещен в специальной литературе [3, 4].

Структурно-морфологический подход основан на непосредственном выявлении устойчивых связей между морфологией физических полей и закономерностями размещения оруденения. Сформированные с учетом связей геофизические критерии прогнозирования равноправно используются в комплексе с геологическими, геохимическими и другими критериями.

Под геофизическими критериями прогноза понимаются характерные особенности (типы) аномальных физических полей и их совокупностей (морфология, размеры, интенсивность, взаиморасположение аномалий), определенной вероятностью соответствующие структурно-вещественным условиям, благоприятным для нахождения рудных объектов [1, 9]. Иными словами, геофизические критерии прогноза — это модели физических полей, соответствующие блокам земной коры, благоприятным для нахождения рудных объектов.

Необходимо отметить следующие особенности геофизических критериев прогноза (ГФКП):

они разрабатываются на основе фактического геофизического материала (карты физических полей, числовые массивы измеренных значений полей и т. п.), имеющего объективный характер и содержащего информацию о изучаемом рудном объекте в целом; интегрально отражают характер (типичную) физическую (петрофизическую) обстановку, обусловленную сочетанием благоприятных для их



общая схема формирования геофизических критериев прогнозирования (жирные линии — основные связи, тонкие — вспомогательные)

реализации структурно-вещественных комплексов, наложенных процессов, связанных с формированием руд данного типа, и собственно наличием оруденения. ГФКП при относительной сложности их выражения во многих случаях достаточно специфичны и универсальны для рудных объектов определенных типов и рангов;

структурно-вещественные комплексы, благоприятные для локализации оруденения (включая окорудные метасоматиты), доминантно выражены в физических полях при съемках масштабов 1:50 000—1:25 000, а поэтому ГФКП наиболее специфичны не столько для месторождений, сколько для рудных площадей — рудных полей, рудных узлов и рудных районов;

ГФКП объектов данного класса могут формироваться эмпирически при отсутствии фактических геологических и петрофизических данных, позволяющих раскрыть их геологическую сущность;

ГФКП в отдельных случаях не надают объяснения с позиций принятых геологических концепций и могут стать основой для пересмотра взглядов на геологическое строение рудоносных площадей;

использование ГФКП целесообразно уже на начальных этапах изучения территорий, при выполнении опережающих площадных геофизических съемок, а также при минимальном объеме исходной геологической информации (прогноз новых типов рудных объектов и т. п.);

использование ГФКП крайне важно в условиях районов, которые характеризуются наличием различных помех, осложняющих физические поля и затрудняющих выделение аномального эффекта на фоне отдельных рудоконтролирующих факторов, а также при прогнозировании глубокозалегающих (скрытых и погребенных) рудных объектов в районах двух-трехъярусного геологического строения, на флангах и глубоких горизонтах известных рудных объектов.

При структурно-морфологическом подходе к прогнозу опознание и выделение площадей (участков), перспективных на нахождение рудных объектов, осуществляются по принципу аналогии. Реализация этого принципа возможна двумя путями — на основе визуального (качественного) анализа физических полей и сопоставления их с разработанными детерминированно выраженными геофизическими критериями прогнозирования, а также с использованием формализованных методов комплексного анализа на основе алгоритмов распознавания образов.

Очевидно, что оптимальным условием эффективного прогнозирования на геофизической основе при любом способе использования геофизических данных является разработка детерминированных ГФКП рудных объектов различных типов и рангов. Наличие детерминированных ГФКП — знание характера физических полей и их совокупностей — важно не только для качественного анализа физических полей. Оно способствует целенаправленному выбору наиболее информативных геофизических признаков при количественном прогнозировании.

На рисунке показана общая схема формирования геофизических критериев прогноза. Рассматривая ее, следует иметь в виду, что для постановки задачи формирования ГФКП чрезвычайно важно четко определить тип и ранг целевых объектов прогнозирования, а

также степень универсальности формируемых ГФКП. В соответствии с этими условиями осуществляется выборка эталонных объектов, используемая как для установления закономерностей размещения оруденения в физических полях, так и для формирования физико-геологических моделей (ФГМ) прогнозируемых объектов.

В зависимости от задачи прогнозных исследований, уровня геолого-геофизической изученности территории и целевых рудных объектов могут использоваться два взаимосвязанных способа формирования ГФКП (см. рисунок) — на эмпирической основе и на основе моделирования.

Эмпирические ГФКП формируются по аналогии путем структурно-морфологического анализа наблюдаемых физических полей и установления закономерностей размещения в последних рудных объектов. Этот подход наиболее целесообразен при недостаточном объеме геологической и петрофизической информации о рудоконтролирующих факторах и о строении рудных объектов данного типа и ранга.

Моделируемые ГФКП формируются в результате анализа физических полей, рассчитанных для ФГМ рудных объектов исследуемого типа и ранга. Создание моделируемых ГФКП предполагает достаточно высокий уровень геолого-геофизической изученности эталонных объектов. Степень надежности ГФКП находится в прямом соответствии с достоверностью информации о геологических моделях эталонных объектов и о физических параметрах элементов модели.

С целью дальнейшего повышения эффективности и достоверности использования геофизических данных наряду с всесторонним совершенствованием методики локального прогнозирования необходимо:

форсировать разработку комплексных прогнозно-поисковых моделей (ППМ), в частности, ФГМ объектов важнейших рудных формаций;

разработать систему комплексных геофизических критериев прогноза, соответствующих ФГМ важнейших рудных формаций;

при разработке ФГМ и критериев прогноза уделить особое внимание характеристике экстремальных объектов

поисков крупных и уникальных месторождений;

на основе формируемых прогнозно-поисковых моделей и систем геофизических критериев прогноза продолжить разработку эффективных ППТ технологических схем проведения физических работ в общей системе прогноз—поиски—оценка месторождений твердых полезных ископаемых.

Достоверность локального прогноза месторождений твердых полезных ископаемых определяется обоснованностью прогнозно-поисковых комплексов, включающих геологические, геофизические, геохимические и другие методы исследования, а также комплексной интерпретацией полученных данных, которые проводятся по оптимальным технологическим схемам. Обобщенность ППК и информативность входящих в него отдельных методов в свою очередь, обусловлены достоверностью (вероятностью) принятия моделей и соответствующих им критериев прогнозируемых объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барышев А. С. Геофизические критерии крупномасштабного прогнозирования поисков месторождений твердых полезных ископаемых. — Геология и геофизика, № 4, с. 91—95.
2. Бурдэ А. И. Принципы и методика деления рационального комплексирования. Методические указания по геофизической съемке масштаба 1:500 000. Вып. 13. Л.: Недра, 1972.
3. Желанков В. А., Столпнер М. Н. Изучение геофизических работ при изыскании металлогении рудных районов (методические рекомендации). Л.: ВИРГ, 1972.
4. Комплексирование геофизических методов при решении геологических задач/Под ред. В. Е. Никитского, В. В. Бродового. Л.: Недра, 1976.
5. Кривцов А. И., Нарсеев В. А. Геологический процесс и прогнозно-поисковые комплексы. — Сов. геология, 1983, с. 17—27.
6. Критерии и методика прогнозирования месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых/Под ред. Д. В. Рундквиста, Б. Н. Ерофеева. М.: СЭВ, 1981.
7. Методические рекомендации по комплексированию геофизических методов крупномасштабных геологосъемочных работ и поисках месторождений твердых полезных ископаемых/М. Н. Столпнер, А. С. Барышев, А. И. Бурдэ и др. Л.: «Рудгеофизика», 1982.
8. Методические указания о проведении геологоразведочных работ по стадиям (поиск, оценка, разработка месторождений полезных ископаемых). М.: ВНИИГ, 1984.

Столпнер М. Н. Основные направления использования геофизических данных при крупномасштабном прогнозировании и схеме формирования геофизических критериев рудных объектов. — В кн.: Методы разведочной геофизики. Комплексирование геофизических методов при решении поисковых задач в рудных районах. Л., 1984, с. 8—22.

Чупров В. А., Ашурков В. А. Геофизические критерии прогнозирования железоруд-

(К 553.2 064.001.3

Б. КАЖДАН (МГРИ)

Условия эффективного локального прогноза рудоносности

Вопрепятствия по дальнейшему укреплению и расширению минерально-сырьевой базы страны, предусмотренные в Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года, включают ускоренное внедрение прогрессивных методов поисков и разведок, а также повышение уровня научного обоснования прогноза месторождений полезных ископаемых.

Проблеме локального прогноза рудоносности уделяется в последние годы все больше внимания, однако, достигнутых успехов в ее решении еще не достаточно. Высказывается даже мнение о том, что формационные типы размещения и условия их пространственного размещения в структурах земной коры могут рассматриваться как закономерное следствие геологического развития только в региональных масштабах. С переходом к детальным исследованиям прогнозирование резко усложняется, поскольку на первое место по значимости выходят случайные локальные факторы [4]. Соответственно, прогнозирование рудоносности рассматривается как процесс принятия решений в условиях неопределенности с применением различных вероятностных статистико-игровых моделей [1]. Для использования подобных моделей возникает необходимость оценки степени информативности критериев рудоносности, что возможно лишь на основе прямых аналогий формируемых и хорошо изученных геологических ситуаций. Однако способов универсальной оценки степени «пользо-

ных узлов и полей скарново-магнетитовой формации (на примере Тургай и Западной Сибири). — В кн.: Методы разведочной геофизики. Комплексирование геофизических методов при решении поисковых задач в рудных районах. Л., 1984, с. 24—39.

11. Чупров В. В., Столпнер М. Н., Коган Л. З. Геолого-геофизическая классификация рудных объектов на подстадиях общих и детальных поисков. — Сов. геология, 1982, № 4, с. 97—113.

сти» любого сигнала с выделением той его части, которая создает «информационный шум», пока не разработано, что резко снижает возможности предлагаемых моделей. Кроме того, по мнению ряда специалистов, принципы аналогий не применимы для целей прогнозирования крупных и уникальных месторождений, поскольку с ростом «уникальности» якобы возрастает специфичность условий их формирования.

Таким образом, приходится признать, что методологические основы локального прогнозирования рудоносности еще далеки от совершенства. В большинстве случаев локальные прогнозы сводятся к малоэффективным среднестатистическим оценкам степени вероятности рудоносности изучаемых площадей без детализации условий размещения промышленно-ценных концентраций. При использовании геолого-статистических подходов на большее и нельзя рассчитывать в связи с исключительной сложностью строения земных недр и их недоступностью для непосредственных наблюдений.

Общезвестно, что рудные полезные ископаемые размещаются крайне неравномерно, а их суммарные объемы в сотни миллионов раз меньше объемов доступной для исследования части земной коры [5]. К тому же «месторождение» и «рудопоявление» по своей основе — понятия геолого-экономические и могут применяться только к таким минеральным скоплениям, которые отвечают современным кондициям горной технологии. Поэтому да-

леко не все аномальные участки и связанные с ними повышенные концентрации «полезных» элементов или минералов служат указателями рудных скоплений. Даже из числа многих рудопроявлений лишь единичные могут оцениваться как потенциальные рудные месторождения.

Статистическими данными установлено, что в ряду месторождений, построенном по убыванию их запасов, абсолютные и относительные запасы месторождений каждого ранга закономерно уменьшаются, а число месторождений, наоборот, возрастает. Эмпирические соотношения чисел крупных, средних и мелких месторождений оценивались В. И. Красниковым, как 1:3:10, а А. П. Солововым — как 1:7:49. Теоретически они определены исходя из гиперболического распределения Лотка — Бредфорда — Ципфа, как $1:k:k^2$. Так, при разделении ряда на три равные части соотношение запасов крупных, средних и мелких месторождений примерно 1:9:90 [2]. Если продолжить этот ряд, включив в него еще две группы — рудопроявления и некондиционные минеральные скопления, то нетрудно убедиться, что число рудопроявлений увеличится примерно на порядок, а некондиционных минеральных скоплений — на два порядка, по сравнению с количеством мелких месторождений. Итак, если ориентироваться только на особенности статистического распределения рудных концентраций различных рангов без учета закономерностей их пространственного размещения в земной коре, то вероятности выявления месторождений по единичным рудопроявлениям, и тем более аномалиям, окажутся предельно малыми. Вероятность выявления мелкого рудного месторождения по единичной аномалии (некондиционному минеральному скоплению) составит в среднем 0,01, а крупного 0,0001. Поэтому для повышения вероятности прогнозов используются обычно не отдельные аномалии или рудопроявления, а их группы. Кроме того, на основе оценки информативности многочисленных критериев рудоносности разрабатываются методы разбраковки аномалий. Однако существенного повышения эффективности локальных прогнозов все эти

приемы не обеспечивают.

Помимо статистических данных о распределении рудоносных скоплений различных рангов к настоящему времени накоплен эмпирический материал о пространственных закономерностях их размещения в земной коре. Подсчитано, что суммарные площади рудных провинций составляют (по каждому полезному ископаемому) лишь несколько процентов от площади материков. По суммарным запасам металлов рудные провинции, области, районы, узлы и поля разделяются, как и рудные месторождения, на мелкие, средние, крупные и уникальные. Установлено, что в мелких рудных районах преобладают мелкие рудные узлы, поля и месторождения, а в крупных встречаются крупные узлы, поля и месторождения, причем основные их запасы определяются запасами единичных крупных и очень крупных рудных полей и месторождений. Следовательно, между запасами металлогенических таксонов различных рангов существуют прямые корреляционные связи; тенденции к неравномерному, но пропорциональному размещению рудоносных участков проявляются при всех масштабах их изучения. Это обстоятельство свидетельствует о том, что формирование крупных месторождений в конкретных участках земной коры происходит при сочетании благоприятных глобальных, региональных, местных и локальных рудообразующих факторов, совокупное влияние которых и должно последовательно учитываться при локальном прогнозировании рудоносности.

Поскольку месторождения располагаются на территориях рудных провинций неравномерно, вероятности выявления месторождений в контурах рудных районов значительно выше, чем за их пределами. В свою очередь, на территории рудных районов месторождения встречаются преимущественно в контурах рудных узлов, где они группируются в рудные поля. С учетом этих закономерностей логично прогнозировать рудоносность исследуемых территорий путем последовательных приближений, выделяя сначала площади потенциальных рудных районов и отбраковывая остальные заведомо неперспективные площади. Затем

следует переходить к выделению в контурах рудных районов площадей потенциальных рудных узлов с соответствующей отбраковкой остальных малоперспективных площадей. При повторении этой операции в отношении рудных полей в контурах каждого потенциального рудного узла создаются предпосылки для прогнозирования месторождений только в контурах установленных потенциальных рудных полей, где вероятности их выявления максимальны.

Реализация предлагаемой последовательности прогнозирования затрудняется двумя главными обстоятельствами: ограниченными возможностями выборочного метода изучения недр и сложившимися традициями проведения геологоразведочных работ. Для использования результатов выборочных наблюдений по весьма ограниченному объему недр (пробам, образцам) необходима последовательная генерализация исходных эмпирических данных, которая позволит построить обобщенные модели прогнозируемых рудоносных участков и соразмерных с ними рудовмещающих структур. Подобные модели должны отражать основные черты состава и строения рудосных участков в зависимости от детальности их изучения. Следовательно, для каждой стадии геологоразведочных работ нужно установить такие целевые объекты, выявление и оценка которых обеспечиваются принятой плотностью сети наблюдений. Соблюдение этого требования обеспечит первое необходимое условие эффективного прогноза — соразмерность выявляемых критериев рудоносности и масштабов оцениваемых рудоносных образований.

В геологической практике условие соразмерности, как правило, не соблюдается. При прогнозно-поисковых работах независимо от их масштабов традиционно ориентируются только на один конечный целевой объект — рудное месторождение. Например, в легендах региональных металлогенических карт, как правило, не показываются рудные поля, узлы и районы, однако неизменно вводятся значки разных размеров и конфигурации, обозначающие месторождения различных формационных типов и крупности,

хотя по размерам эти месторождения несопоставимо меньше ячеек сетей наблюдений и рудовмещающих структур. Поисковые работы независимо от их детальности нацелены на выявление и оценку месторождений. Но на ранних стадиях поисков вследствие редкой сети наблюдений они часто вообще не выявляются, а ценная информация о составе и строении промежуточных рудоносных образований более высоких рангов (рудных полей и узлов) практически не используется, что резко снижает информативность эмпирических данных, а следовательно, и эффективность геологических прогнозов рудоносности.

Для выполнения условия соразмерности необходимо прежде всего установить иерархию структурных уровней рудоносных участков и связать каждый из них с очередной стадией геологоразведочных работ в качестве объекта выявления и оценки. Для этого может быть использована иерархическая модель метасистемы рудоносных участков с учетом геологических данных о закономерностях размещения рудоносных образований в структурах земной коры, опыта геологоразведочных работ, а также требований горной промышленности к изучению и оценке минерально-сырьевых ресурсов. Она включает десять последовательных структурных уровней, из которых пять имеют непосредственное отношение к решению рассматриваемой проблемы (таблица).

Системы трех высших рангов относятся по масштабам проявления к глобальным и региональным, а их рудоносность определяется соотношением, составом и строением слоев тектоно- и литосферы. Рудоносность систем четвертого и пятого рангов определяется особенностями развития, строения и состава слоев земной коры, а шестого и седьмого рангов — спецификой развития ее верхнего слоя, состоящего из ряда структурных этажей и ярусов. Чем ниже ранг рудоносной системы, тем доступнее для изучения вмещающие ее геологические структуры. Поэтому с переходом от регионального прогнозирования к локальному возможности научного прогноза не уменьшаются, а возрастают. Однако при этом следует ориентироваться на вы-

Часть обобщенной иерархической модели метасистемы рудоносных участков

Часть обобщенной иерархической модели метасоматических рудных систем													
Ранг	Система (структурный уровень)	Рудоконтролирующая структура		Благоприятные пред				посылки рудоносности			Признаки рудоносности (по генерализованным данным)	Ориентировочные масштабы	
		Площадь, км²	Глубина, км	Литологические (геохимически специализированные породы)	Магматические (геохимически специализированные породы)	Струк		туры		Рудометасоматические		выявления	оценки
						слоистого типа	центрального типа	блоково-складчатые	линейные (разрывные)				
3	Металлогенетические (рудные) области	Десятки — сотни тысяч	До 100—120	Формационные комплексы	Группы магматических комплексов	Слои литосферы	Макроструктуры (астеноконтинентальные)	Литосферные блоки	Глубинные и подкоровые разломы	—	Устанавливаются апостериори по совокупности всех известных рудоносных участков	1 : 2 500 000	1 : 1 000 000
4	Рудные районы	Тысячи	До 50—60	Группы формаций	Интрузивные субвулканические комплексы	Слои земной коры	Мегаструктуры (крупные гнейсовые купола)	Блоки земной коры	Подкоровые и коровые разломы	Районы слабо проявленных эпипород	Ареалы элементов в поверхностных водах и донных осадках. Районы повышенных концентраций элементов на площадях в тысячи квадратных километров	1 : 1 000 000	1 : 200 000
5	Рудные узлы	Сотни	До 20—25	Формации	Ареалы интрузивных (субвулканических) пород	Осадочно-метаморфические слои земной коры и структурные этажи	Мегаструктуры (гранито-гнейсовые купола, сводовые поднятия)	Верхние коровые блоки	Коровые и верхнекоровые разломы	Узлы умеренно проявленных эпипород	Ареалы шлиховых потоков и донных осадков. Узлы повышенных концентраций элементов на площадях в сотни квадратных километров	1 : 200 000	1 : 50 000
6	Рудные поля	Десятки	До 10—15	Горизонты и подгоризонты	Крупные интрузивные (субвулканические) тела	Структурные этажи и ярусы	Министруктуры (гранитные и вулканические купола, кальдеры)	Крупные тектонические блоки	Верхнекоровые и тектонические нарушения	Поля сильно проявленных эпипород	Контрастные шлиховые потоки и поля повышенных концентраций элементов (в породах и рыхлых отложениях) на площадях в десятки квадратных километров	1 : 50 000	1 : 10 000
7	Рудные месторождения	Единицы	До 2—5	Слои или пласты	Участки интрузивных (субвулканических) тел	Структурные подъярусы и пачки	Министруктуры (мелкие купола и кальдеры)	Тектонические блоки	Системы тектонических нарушений	Ореолы и ареалы полнопроявленных эпипород (метасоматитов или гидротермалитов)	Ореолы элементов в подземных водах, рыхлых отложениях и коренных породах на площадях до 10 км²	1 : 10 000	1 : 2 000

Примечание. К системам 1-го и 2-го рангов относятся, соответственно, металлогенетические суперпроvincии (продуктивные залежи) и участки рудных тел (подсчетные и эксплуатационные блоки).

явление рудных объектов, соразмерных с параметрами сети наблюдений, а не на оценку заведомо меньших по размерам конечных объектов локального прогноза.

В приведенной таблице показано, что по мере детализации геологических наблюдений закономерно изменяются и масштабы выявляемых критериев (предпосылок и признаков) рудоносности. Поэтому традиционного разделения геологических предпосылок рудоносности только на региональные и локальные явно недостаточно. Оно не обеспечивает соблюдения условия соразмерности оцениваемых объектов и

вмещающих их геологических структур и снижает тем самым эффективность использования предпосылок рудоносности. К сожалению, в практике геологопоисковых работ это условие соблюдается чрезвычайно редко, хотя для его выполнения достаточно проанализировать положение рудоносного объекта данного уровня строения (района, узла, поля) в геологических структурах изучаемой территории по картам соответствующих масштабов.

Для выявления признаков рудоносности систем различных структурных уровней необходима генерализация исходных эмпирических данных, по-

скольку традиционно используемые признаки позволяют установить наличие повышенных концентраций металлов (минералов) лишь в ограниченно малых объемах недр. Наиболее простой и эффективный прием генерализации — сглаживание исходных данных невзвешенными скользящими статистическими окнами, размеры которых сопоставимы с размерами рудоносных систем соответствующего структурного уровня. Вполне удовлетворительные результаты могут быть получены при сглаживании исходных данных скользящими окнами размером 5×5 до 9×9 см в масштабе карты

[3]. С помощью такого приема выявляются признаки, соразмерные с площадями потенциальных рудных районов (для карт масштаба 1 : 1 000 000), рудных узлов (1 : 200 000), рудных полей (1 : 50 000), рудных месторождений (1 : 10 000). Полученные топофункции, выраженные изолиниями концентраций элементов, характеризуют их закономерную пространственную изменчивость в объемах оцениваемых рудоносных систем, а отклонения исходных данных или данных, полученных при их сглаживании окнами меньших размеров, от скользящих средних будут характеризовать слу-

чайные составляющие изменчивости содержаний соответствующих масштабных уровней.

На основании материалов геохимических, геофизических и других металлометрических съемок возможна последовательная геометризация потенциально рудоносных площадей: от рудных районов в пределах рудных областей до рудных узлов в пределах рудных районов, рудных полей в пределах рудных узлов и рудных месторождений в пределах рудных полей. Количественная интерпретация результатов такого сглаживания с выявлением долей и характеристик закономерной и случайной составляющих изменчивости признака на различных уровнях строения рудоносных образований позволяет получать принципиально новые данные для решения задач оценки интенсивности и экстенсивности оруденения. Путем сопоставления статистических показателей закономерной и случайной изменчивости содержаний полезных элементов потенциальных рудных районов, узлов, полей и месторождений, их площадных продуктивностей и др. можно получить объективные характеристики для оценки перспектив рудоносности изучаемых территорий.

Для трех смежных систем скользящая средняя высшего иерархического уровня определяет фон, скользящая средняя среднего уровня — закономерную изменчивость признака на этом уровне, а остаточная случайная составляющая — погрешность оценки изменчивости признака на среднем уровне. Эта погрешность включает еще не выявленную закономерную составляющую третьего — низшего структурного уровня, а также всех последующих уровней, структурные элементы которых по размерам превышают исходные пробы. При этом весьма существенно, что для оценки перспектив рудоносности используются не столько малоинформативные средние содержания элементов, сколько количественные характеристики их изменчивости в оцениваемых объемах недр (а не в случайных объемах отобранных проб). Возможности использования сравнительных количественных характеристик изменчивости признаков рудоносности в объемах оцениваемых рудонос-

ных систем могут рассматриваться как второе условие эффективного локального прогноза рудоносности.

Помимо выполнения требования соразмерности предпосылок, признаков и объектов прогнозирования на каждом уровне строения рудных образований для эффективного прогноза необходимо изучать соотношения между геологическими и прогнозными характеристиками рудоносных образований смежных иерархических уровней. Это требование логически вытекает из постулата о разномасштабности проявления единого рудогенерирующего процесса и представлений о взаимообусловленности его проявлений на различных иерархических уровнях. Совокупное изучение всей рудоносной метасистемы от рудной области до рудного месторождения приобретает особенно важное значение при локальном прогнозировании рудоносности, когда учет совокупного влияния прогнозных характеристик более высоких иерархических уровней имеет принципиальное значение для оценки объекта и определяет результаты локального прогноза. Как правило, крупные и уникальные рудные месторождения располагаются в контурах крупных и уникальных рудных полей, которые входят в состав крупных рудных узлов, представляющих собой части крупных рудных районов. Чем полнее проявляется телескопирование рудных образований смежных иерархических уровней, тем вероятнее прогноз крупных с высокой продуктивностью локальных рудоносных участков и наоборот. С выпадением отдельных структурных уровней размеры и продуктивность локальных рудоносных участков уменьшаются, а изолированные локальные рудопроявления, как правило, отличаются малыми масштабами и низкой продуктивностью.

Телескопирование разномасштабных рудоносных систем может рассматриваться как третье условие эффективного локального прогноза. При выполнении этого условия можно считать, что в пределах оцениваемой территории происходила интеграция глобальных, региональных, местных и локальных факторов рудогенеза и, следовательно, можно ожидать установление средних, крупных и уникальных

месторождений, в то время как на окружающих ее площадях вероятно обнаружение месторождений преимущественно мелкого масштаба.

Ниже приведены важнейшие условия эффективного локального прогноза рудоносности.

1. Соразмерность используемых критериев (предпосылок и признаков) рудоносности и объектов прогнозирования на каждой стадии геологоразведочных работ, с последовательным приближением к конечному объекту локального прогнозирования.

2. Последовательное использование сравнительных количественных характеристик степени изменчивости признаков рудоносности в оцениваемых объемах недр — важнейших показателей интенсивности и экстенсивности оруденения.

3. Оценка степени телескопирования разномасштабных рудоносных систем — важнейших характеристик степени интеграции разномасштабных факторов рудогенеза в пределах исследуемой территории.

Реализация перечисленных условий возможна лишь на основе системного подхода к изучению и оценке недр со строгим соблюдением принципов последовательных приближений, аналогий и выборочной детализации наблю-

дений. При этом высокая эффективность локальных прогнозов обеспечивается как за счет своевременной отбраковки (на каждой стадии) обширных, заведомо неперспективных площадей, так и за счет резкого сокращения числа пунктов наблюдений, поскольку для уверенного выявления промежуточных целевых объектов рекомендуемые плотности сети наблюдений могут быть разрежены примерно на порядок. В свете изложенного желательно также совершенствование методических указаний по стадийности геологоразведочных работ с конкретизацией объектов выявления и оценки для каждой стадии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бугаец А. Н., Дуденко Л. И. Математические методы при прогнозировании месторождений полезных ископаемых. Л.: Недра, 1976.
2. Булкин Г. А. Количественная оценка прогнозных запасов руд. М.: Недра, 1984.
3. Каждан А. Б., Пахомов В. И. Обработка исходных эмпирических данных с позиции системного подхода к изучению недр. — Сов. геология, 1986, № 11, с. 3—11.
4. Рудоносность и геологические формирования структур земной коры/Под ред. Д. В. Рундквиста. Л.: Недра, 1981.
5. Смирнов В. И. Геология полезных ископаемых. М.: Недра, 1982.

УДК 550.8.001.18 : 001.8

Ф. Р. АПЕЛЬЦИН (ВИМС)

О некоторых методологических вопросах локального прогнозирования

Разработанные методы количественного локального прогноза масштабов и качества объектов минерального сырья требуют дальнейшего совершенствования, поскольку не все прогнозы оправдываются, а многие не подвергаются проверке. Основой прогноза служат признаки модели объекта определенного формационного типа с учетом его геолого-промышленных особенностей и характера проявления в конкретном рудном районе.

Достоверный прогноз может быть осуществлен только с учетом информативных признаков месторождения определенного формационного типа, при

этом признаки должны отражать: положение оруденения в структуре геологической формации; закономерности пространственной изменчивости оруденения в разных фациях рудоносных и околорудных образований; черты минералогической и литогеохимической зональности; рудоконтролирующие элементы физического поля.

Для объектов прогноза определенного формационного и геолого-промышленного типа с учетом его региональных особенностей обычно намечается сравнительно небольшое число наиболее информативных признаков, а следовательно, и приемов их выявления

ния, отражающих пространственное положение и качественные показатели прогнозируемого объекта. Устойчивые совокупности информативных признаков для объектов различных формационных типов выявлены еще не в полной мере. Совокупность сравнительно небольшого числа этих признаков используется на разных уровнях прогноза:

при экспертной оценке объектов по аналогии с эталонными месторождениями соответствующего района;

при количественном прогнозе объекта на основе косвенных подсчетных параметров его объема и качества,

при системном учете совокупности признаков разной информативности на основе эвристических методов с использованием вычислительной техники.

Из опыта экспертной оценки локальных объектов установлено, что решающими являются немногие оценочные признаки.

В группе плутоногенных месторождений (олова, вольфрама, молибдена) основное значение при оценках придается палеотектонической (геодинамической) позиции и морфологии рудолокализирующей структуры, составу и морфологии рудопроизводящего плутона, пространственному соотношению с ним околорудных апомагматических метасоматитов, элементам зональности и фациальной изменчивости последних или отражению этой зональности в изменчивости минеральных ассоциаций, минеральных видов, литогеохимических показателей и пр. Количественные показатели таких информативных факторов и их сочетания сопоставляются с соответствующими признаками крупных, средних или мелких эталонных объектов-аналогов.

Решающими всегда выступают единичные факторы сопоставления прогнозируемого и эталонного объекта, требующие особых приемов выявления для месторождений разных полезных ископаемых.

Локальный прогноз *железорудных объектов* сохраняет свою актуальность в основном в восточных районах страны, где преобладают месторождения скарново-магнетитового формационного типа. При этом прогноз основывается на геолого-геофизическом комплексе прогнозно-оценочных кри-

териев. Основные трудности связаны с оценкой перекрытых глубинных магнитных аномалий, по которым трудно отличить даже крупные железорудные объекты от «породных» аномалий, вызываемых основными вулканидами с рассеянной вкрапленностью ферромагнитных минералов. Природа аномалий и их прогнозная оценка определяются по совокупности геофизических и геологических признаков. Среди последних показателем благоприятности рудоконтролирующих факторов являются стратиграфические и структурные позиции рудовмещающих толщ и их пространственное положение относительно кровли плутонических тел и ассоциирующих с ними даек, что предопределяет границы развития рудовмещающих скарнов и их объем.

Локальный прогноз *залежей бокситовых руд* также требует выяснения немногих рудоконтролирующих факторов для установления контура накопления и сохранности благоприятных по продуктивности литофаций, что достигается стратиграфическими и палеогеоморфологическими реконструкциями для сопоставления изучаемого и эталонного объектов. Достаточный уровень оценки прогнозных ресурсов достигнут при прогнозе новых бокситовых залежей по положению и размерам локализирующих бокситы карстовых депрессий, древних эрозионных долин и других форм палеорельефа. Достоверность количественной прогнозной оценки по участкам, охваченным поисковыми работами, достигает 70—80%.

Локальный прогноз *марганцевого оруденения* основан на картировании благоприятных фаций в районах месторождений разных формационных типов (осадочных, вулканогенно-осадочных, гипергенных зон окисления). Оконтуривание локальных полей марганцевых образований сводится к сопоставлению палеофациальных карт бассейнов (эпох) осадконакопления с элементами геохимической зональности, выраженной в щелочности и окислительном потенциале фаций осадконакопления, которые намечают границы продуктивных площадей.

Прогноз объектов *молибденового оруденения* в основном опирается на показатели вторичного ореола рассея-

ния молибдена, при этом литохимические изоконцентрации границы продуктивного контура различны для разных районов. Соотношение концентраций молибдена во вторичном ореоле и на уровне окисленных (в разной степени) руд выступает критерием оценки ожидаемого содержания молибдена в первичных рудах. Количественные расчеты ресурсов производятся по показателям запасов металла во вторичном ореоле, с определением глубины распространения оруденения на основе геохимических индикаторов, геофизических данных о глубине и форме поверхности рудогенерирующего плутона и пр.

Для объектов *флюоритового оруденения* ведущими приемами локального прогноза служат литогеохимические методы фторометрии и сопутствующих элементов в первичном ореоле. Пространственные контуры ореолов и особенности их внутренней изменчивости позволяют наметить границы продуктивного оруденения разного формационного типа (эпитермального, апокарбонатно-грейзенового, флюорит-редкометального). Литогеохимические ореолы имеют свои особенности для рудных тел разной морфологии, масштаба и глубины залегания. Последующая обработка геохимических и геофизических данных по разработанным программам с использованием ЭВМ намечает различия между объектами промышленного масштаба и мелкими рудопроявлениями.

Для *хризотил-асбестовой минерализации* границы локальных продуктивных полей намечаются по данным картирования апогипербазитовых образований с разным соотношением минералов группы серпентина (проявления разных этапов лизардитизации, хризолитизации, асбестизации). Выделение локальных площадей существенно сокращает объемы буровых работ для отбраковки непродуктивных полей.

На *месторождениях хромитов* в формации альпинотипных массивов гипербазитов для локального прогноза продуктивных на хромшпинелиды полей успешно применяется структурное и петрографическое картирование аллохтонных блоков в зонах надвигов и протрузий. Картирование направлено на выяснение положения горизонта бла-

гоприятной фации гипербазитов (в разрезе аллохтонных плит), а в пределах последнего — контуров проявления благоприятных позднемагматических преобразований гипербазитов. На уровне прогнозных построений достаточно эффективными оказались различные модификации магнитометрии и гравиметрии с возрастающей чувствительностью и детальностью на стадиях поисков и оценки.

Приведенные примеры показывают, что для разных полезных ископаемых с учетом их формационных типов прогнозные оценки масштабов оруденения могут быть основаны на небольшом числе наиболее информативных критериев и признаков, выявляемых особыми приемами картирования и поисков. При этом основой прогноза должны служить специализированные карты, отражающие количественную изменчивость в пространстве определенного информативного признака, коррелируемого с уровнем продуктивности прогнозируемого объекта.

К особому направлению локального прогноза следует отнести выяснение ожидаемых подсчетных параметров условно продуктивной рудной массы по косвенным признакам (информативным для месторождений определенных формационных типов). Критериями установления необходимых прогнозных параметров служат некоторые информативные признаки, коррелируемые с показателями изменчивости оруденения на известных эталонных объектах, что открывает возможности приближенного подсчета горнорудной массы продуктивных образований (обычно категорий P_1 , частично C_2).

Протяженность рудных тел или размеры площадей горизонтального сечения условно продуктивных образований в достаточной мере отражают данные петрографического и минералогического картирования, намечающие концентрическую или линейную смену в пространстве минеральных ассоциаций (иногда свойств минерала). Аналогичная зональность повторяется в литогеохимии первичных или вторичных ореолов рассеяния. Так, на ряде штокерков молибден-вольфрамового оруденения концентрически-центробежное распределение минеральных парагенезисов разных стадий с элемен-

тами прямой зональности позволяет наметить внешнюю границу продуктивного контура штокверка или протяженность продуктивного интервала линейного рудоносного блока на объектах жильного и скарнового типов.

Показателями вертикального уровня распространения оруденения являются определенные индикаторные соотношения элементного состава оруденения, особенности вертикальной изменчивости типовых свойств минералов (соотношения примесей редкоземельных элементов и марганца разной валентности во флюоритах; индикаторные отношения примесей, например, ниобия и индия в касситеритах, тантала и ниобия в вольфрамитовых; смена видового состава сульфосолей по соотношению свинца и висмута; изменение электрофизических свойств сульфидов и пр.). Подобные индикаторные свойства минералов наряду с реконструкцией глубины залегания рудогенерирующей массы, а также геохимическими индикаторными отношениями элементов рудной зональности позволяют прогнозировать параметр глубины распространения продуктивного оруденения.

Прогнозу ожидаемой интенсивности оруденения (среднего содержания) служит эмпирически устанавливаемая зависимость уровней концентрации полезных компонентов от количественных соотношений минеральных ассоциаций в составе руд, а также корреляция между свойствами индикаторных минералов, интенсивностью оруденения и пр.

Полученные прогнозные параметры и результаты подсчета ресурсов корректируются введением некоторых вероятностных коэффициентов с учетом степени подобия данного объекта известному эталону соответствующего формационного типа.

Результаты локального количественного прогноза, основанные на косвенных подсчетных параметрах, сопоставляются и уточняются на основе данных литогеохимических показателей первичных и вторичных ореолов, с учетом структурных построений, геофизических показателей свойств субстрата оруденения и прочих свойств прогнозируемого поля.

Определенный успех в локальном количественном прогнозе полей и объ-

ектов оруденения достигнут в ВИМСе и других организациях на основе эвристических методов с использованием ЭВМ по распознаванию образов прогнозируемых объектов (вольфрамовых, преимущественно штокверковых месторождений Казахстана и Северного Кавказа, жильных оловорудных месторождений Казахстана и Северного Кавказа, жильных оловорудных месторождений Приморья, оловоносных россыпей Якутии и др.). Основой служит разработанная в ВИМСе «Программная система решения геолого-прогнозных задач», обеспечивающая автоматизацию следующих этапов прогноза: а) содержательную постановку задачи и первичную обработку информативных данных, б) анализ полноты и качества исходной информации, в) формальную постановку задачи, г) формирование схемы расчета с использованием компонентов системы, д) решение задачи на ЭВМ, е) оценку полученных результатов.

При обработке прогнозной информации на ЭВМ преимущественно используются программа «Потенциал-II» (И. Д. Савинского, 1976 г.) или алгоритм «Направленный поиск» (Е. Н. Черемисиной, 1981 г.).

Программа «Потенциал-II» основана на вычислении «потенциалов» исследуемых объектов (соответствующего формационного и геолого-промышленного типа) в многомерном пространстве информативных критериев прогнозируемого и эталонного объектов. Кодирование предпочтительно в многобалльной шкале с учетом информативного веса соответствующего критерия.

Алгоритм «Направленный поиск» применяется при недостатке эталонных объектов. Основой служит априорное предположение о противоположных тенденциях распределения рудных объектов в пространстве — критериев сходства и исключительности. Итогом расчета по соответствующему алгоритму является ранжирование перспектив (прогнозных оценок) объектов по значениям коэффициентов нетипичности («исключительности») и меры сходства (или «степени похожести») с эталонным объектом, когда для одного из них известна удельная продуктивность.

Опыт прогнозных исследований на основе эвристических методов относится в основном к полям и объектам штокверкового оруденения молибденово-вольфрамовой формации Центрального и Южного Казахстана и Северного Кавказа. В качестве критериев прогноза использовался комплекс геологоструктурных, минералого-геохимических, петрофизических и геофизических факторов локализации продуктивного оруденения в прогнозируемых и эталонных объектах близкого формационного типа. Для объектов разных иерархических уровней (рудных узлов, рудных полей, месторождений штокверкового, жильно-штокверкового и прочих геолого-промышленных типов) выбор критериев и основа прогноза соответствуют масштабу и стадии геологоразведочных работ. Критерии разных стадий прогнозирования ранжируются по уровням информативности на основе анализа их связи с удельной продук-

тивностью рудоносных площадей или масштабами рудных объектов с выделением наиболее надежной совокупности индивидуально информативных критериев. Среди множества критериев существенной мерой информативности обладают лишь немногие. Для Агадырского района Центрального Казахстана по итогам ранжирования 93 вольфрамовых рудопоявлений удалось выделить пять объектов с совокупностью индивидуальных признаков, сближающих их с эталонными объектами установленного промышленного значения.

Методы количественного локального прогноза несомненно требуют дальнейшего совершенствования. Успеха в этой области следует прежде всего ожидать после выявления достаточно информативных критериев, показатели пространственной изменчивости которых в достаточной мере коррелируются с продуктивностью прогнозируемых объектов.

УДК 553.493.5.001.18.001.8

В. В. ИВАНОВ, С. М. БЕСКИН,
М. А. ЗУБОВ, Э. Н. ЛИШНЕВСКИЙ,
А. Е. ЦЫГАНОВ (ИМГРЭ)

Методические приемы локального прогноза редкометальных месторождений

Локальное прогнозирование развивалось в ИМГРЭ в последние годы по двум основным направлениям. Первое отличается простотой, но базируется, по существу, на химико-статистических моделях, которые хорошо «срабатывают» в случае совпадения с геологическими моделями, что возможно только в достаточно простых геологических ситуациях. Второе направление исходит из принципа последовательного анализа различных прогнозных уровней (масштабов) и необходимости сопоставления конкретной геологоструктурной, геофизической и геохимической информации с применением комплексных типовых моделей объектов прогноза. Такой подход, разрабатываемый авторами, охватил пока ограниченное число объектов и еще не доведен до создания инструктивных и завершенных материалов прогнозных поисковых комплексов (ППК). Соз-

данные в последние годы методические пособия коллектива ЦНИГРИ по ППК для месторождений цветных и благородных металлов в своей основе применимы и к различным геолого-промышленным типам редкометальных месторождений. Отсутствие ППК для большинства типов редкометальных, ртутных и сурьмяных месторождений приводит к интуитивному и, возможно, избыточному выбору средств и критериев прогноза на тех или иных стадиях геологоразведочного процесса.

Значительные трудности прогнозирования связаны с новизной и большим числом (около сотни) геолого-промышленных типов редкометальных месторождений. Примерно 20 формационных типов определяют мировой сырьевой потенциал редких металлов, сурьмы и ртути. Промышленная значимость некоторых типов оруденения

выявилась лишь в последние годы; они представлены единичными объектами и несравненно хуже изучены, чем месторождения традиционных металлов.

Методика локального прогноза наиболее разработана для гранитогенных типов редкометальных месторождений, на примере которых можно показать специфические стороны подхода и некоторые новые решения данной проблемы. Принята следующая стадийность локального прогноза гранитогенного редкометального оруденения.

1. Масштаб 1:200 000. Оконтуривание и оценка потенциальных рудных районов (площадь $n \cdot 100 \text{ км}^2$), геологическими эквивалентами которых являются проекции на поверхность, частично или полностью скрытых гранитных плутонов, фиксируемых в остаточном гравитационном поле локальными минимумами.

2. Масштаб 1:50 000. Оконтуривание и оценка в пределах выбранных районов потенциальных рудных полей (площадь $n \cdot 10 \text{ км}^2$), геологическими эквивалентами которых являются ослабленные зоны с осложнениями в верхней части гранитных плутонов (полосы даек, брекчий, катаклазитов и т. п.), выраженными линейными геофизическими аномалиями и их пересечениями.

3. Масштабы 1:25 000—1:10 000. Оконтуривание и оценка в пределах выбранных полей перспективных участков (площадь $n \text{ км}^2$), геологические эквиваленты которых — «напряженные» части указанных зон: скопления, пересечения и виргации даек, вулканические жерловины, ореолы гидротермально-пневматолитовой минерализации и т. п. (включает выделение локальных высокого порядка геофизических, в том числе радиометрических, и геохимических аномалий).

В связи с тем что количество потенциальных рудных районов в каждой из перспективных провинций достаточно велико, актуальны приемы оценки, позволяющие значительно сократить их число, с тем чтобы после этого приступить к детализации. В ИМГРЭ разработаны новые приемы таких оценок, дополняющие уже известные.

1. Все рудные районы с промышленными месторождениями лития (споду-

мен), цезия, тантала, олова располагаются в пределах спокойного пониженного магнитного поля, а TR, Nb, Mo, Cu—Mo, Nb—Ta (щелочные граниты) — в пределах знакопеременного и (или) повышенного поля. Такое районирование для анализа карт аномального магнитного поля масштабов 1:500 000 и 1:200 000, предложенное Э. Н. Лишневым, отличается от общепринятого, тем, что за пороговую изодинаму принимается не ± 0 , а $\pm 100 \text{ нТл}$.

2. Все районы с месторождениями тантала расположены внутри салических блоков, фиксируемых зональными минимумами Δg , в то время как районы с месторождениями Nb—Ta, а также Mo- и Sn-сульфидные — на стыке с мафическими блоками, отмечаемыми зональными максимумами Δg . Прием количественной оценки данного параметра — «коэффициент стыка» — разработан С. М. Бескиным и Э. Н. Лишневым. Он вычисляется как доля внешнего периметра потенциального рудного района (расположенного в салическом блоке), приходящаяся на стык с мафическим блоком ($K_{\text{ст}^{\text{Ta}}} = 0 \div 20 \%$, $K_{\text{ст}^{\text{Mo}}} = 40 \%$).

3. Для районов с месторождениями Ta (апограниты), W—Sn—Be; W—Mo—Be (грейзены) характерен малый эрозионный срез относительно аляскигоидных гранитов с цепочечно-агрегативной по расположению зерен кварца физиографией (по С. М. Бескину): площадь выхода таких гранитов не должна быть более 5—7 % от общей площади локального минимума Δg . В этой связи при работах масштабов 1:200 000—1:50 000 актуально картирование подобных гранитов отдельно от других гранитных разновидностей.

Наиболее сложной задачей прогнозно-оценочных исследований является локальный прогноз оруденения в пределах хорошо изученных рудных полей и месторождений. Опыт работ (А. Е. Цыганов, М. А. Зубов и др.) в рудных районах с пегматитовым, пневматолито-гидротермальным и гидротермальным редкометальным гранитогенным оруденением показывает, что эффективность локального прогноза зависит от рационального комплексирования геолого-структурных, гео-

физических и литогеохимических исследований. При этом необходимо модифицировать стандартные методы для конкретных геолого-географических условий района и данного генетического типа оруденения. Кроме того обязательно комплексное изучение основных закономерностей контроля, распределения и проявления оруденения в геофизических и геохимических полях на трех уровнях — рудное поле, месторождение, рудное тело — с составлением многофакторной модели для каждого из них.

Крупномасштабные геологические карты рудных районов чаще всего не отвечают требованиям локального прогноза оруденения, так как не несут информации о главных критериях промышленной рудоносности. Поэтому основой исследований является составление геологоструктурных карт рудных полей в масштабе 1:25 000 и рудных участков масштаба 1:10 000. Геолого-структурное картирование проводится на основе специализированного дешифрирования крупномасштабных аэрофотоснимков с выделением разрывных структур и их ранжированием по уровням значимости, степени активизации и т. д. Для выявления блоковой структуры и изучения эродированности рудных участков используются неотектонический и морфоструктурный анализы. На основе полученных данных проводится увязка всей имеющейся геологической информации и переинтерпретация геофизических данных (магниторазведки, гравиразведки, аэрогаммаспектрометрии и т. д.).

В пределах месторождений и рудных участков изучаются закономерности распределения, зональность, условия локализации оруденения и характеризуется деформация структуры района в рудный и пострудный этапы. Совместно с геолого-структурными исследованиями проводится минералогическое изучение рудных образований, а также литогеохимическое опробование околорудных ореолов. Выявленные при этом критерии локального прогнозирования оруденения позволяют резко сократить площади для постановки поисково-оценочных работ, где выполняется литогеохимическая съемка масштаба 1:5 000.

Данный комплекс исследований — общий для всех районов при перспективной оценке и локальном прогнозировании. При этом характеризуются разрывная и блоковая структуры рудных районов, оценивается их роль в процессах рудогенеза, изучаются закономерности пространственного распределения, зональность и условия локализации оруденения. Все это в конечном счете позволяет провести прогнозную оценку территории и выделить ограниченные по площади участки для постановки поисково-разведочных работ различной очередности.

Применение геохимических методов при локальном прогнозировании предполагает выделение геохимических аномалий, оценку вероятного минерального типа оруденения, с которым они связаны, и степени эродированности участков, определение масштаба и условий залегания прогнозируемого оруденения.

Выделение аномалий проводится мультипликативным методом с использованием элементов, типохимических для всех видов оруденения, известных в районе. Геохимические аномалии в изолиниях произведений содержаний многих элементов строятся на подготовленной геолого-структурной основе. По ассоциации преобладающих элементов выявленные аномалии относятся к определенному типу оруденения или минерализации. Интерпретация ассоциаций преобладающих элементов и элементов-индикаторов зональности на основе геохимических моделей зональности рудного тела, месторождения, рудного поля позволяет оценить степень эродированности каждой аномалии и отнести ее к уровню одного из перечисленных объектов.

После определения формационной принадлежности и степени эродированности аномалии оцениваются возможные масштабы связанного с ней оруденения. Методической основой таких оценок является пропорциональная зависимость между параметрами рудных тел и окаймляющих их первичных ореолов. Наиболее оптимально эта зависимость реализуется функцией мультипликативного отношения аномальных содержаний различных групп элементов, дающих конкордант-

ные функции пространственного распределения. Выбор групп элементов определяется рядом факторов: стабильностью и контрастностью их поведения, частотой встречаемости аномальных концентраций, тенденцией накопления или выноса и т. п. С помощью таких функций оценивались основные характеристики прогнозируемого оруденения: содержание, мощность, размеры, запасы и глубина залегания. Количественная оценка первичных геохимических аномалий производится после того как доказана принадлежность ее к определенному минеральному типу оруденения и проведена оценка степени ее эродированности. Необходимо полное оконтуривание геохимической аномалии с целью получения наиболее объективного среднего даже по редкой сети опробования. При оценке линейных размеров скрытых рудных тел и глубины их залегания используются лишь продольные и поперечные профили, пересекающие эпицентр аномалии.

Охарактеризованный комплекс методов применен на одном из рудных полей, в результате чего выявлена новая рудоконтролирующая структура и изменено направление поисковых работ на рудных полях и эксплуатируемых месторождениях. Локализованы участки, перспективные на промышленное оруденение. Буровыми и горными работами в контурах перспективных геохимических аномалий выделено новое месторождение пегматитов, а на эксплуатируемом месторождении на флангах и глубоких горизонтах разведаны новые рудные зоны.

В заключение подчеркнем, что максимальный практический эффект с наименьшими затратами при поисках достигается с использованием ППК и при комплексном применении модификаций структурно-геологических, геохимических и геофизических методов, наиболее приспособленных к конкретным объектам, масштабам и условиям работ.



ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ СЫРЬЕ

УДК 553.98.061.3 : 551.583.7

Л. А. НАЗАРКИН (НИИ геологии при Саратовском гос. ун-те)

Зависимость газонасности пермских, мезозойских и кайнозойских отложений от палеоклиматических условий их накопления

Еще не так давно прогноз преимущественно фазового состава углеводородов опирался главным образом на литогенетическую зрелость нефтематеринских отложений и на историю геологического развития осадочно-породных бассейнов (ОПБ). Длительное время о степени метаморфизма нефтематеринского органического вещества судили по углеродному коэффициенту, предложенному Д. Уайтом в качестве индикатора плотности нефти и фазового состава образующихся УВ. Он пришел к выводу, что оптимальный для образования и сохранения нефти выход беззольного кокса на органическую массу угля, т. е. углеродный

коэффициент, находится в пределах 55—65 %. Если же коэффициент увеличивается до 70 %, то в недрах возможны скопления только углеводородного газа.

Метанизация нефти с повышением пластовой температуры обнаруживается по мере увеличения глубин поисковой практики нередко отмечалось фонтанирование нефти с глубин, ранее считавшихся для нее «запретными».

Согласно осадочно-миграционной теории нефтегазообразования, разработанной Н. Б. Вассоевичем, в процессе генерации УВ с увеличением степе-

ни катагенетического преобразования ОПБ при погружении нефтематеринских отложений выделяются три фазы, проявляющиеся в определенных глубинных зонах. Верхняя (1,5—2,0 км) отличается преимущественным газообразованием. На глубине от 1 до 5 км образуется основная масса жидких УВ. В нижней зоне катагенеза (глубина 5—7 км) вновь возникает мощный импульс газообразования. Многие геологи связывают с этим глубинным интервалом проявление главной фазы газообразования.

Влияние особенностей геологического развития ОПБ на сепарацию жидких и газообразных УВ определялось преимущественно тектоническим режимом их формирования, регламентирующим как начальную этапность заполнения ловушек нефтью и газом в ходе латеральной миграции, так и последующее переформирование зон нефтегазонакопления. Роль этого фактора наиболее всесторонне рассмотрена и обоснована С. П. Максимовым. Немаловажное значение в сепарации УВ имеет герметичность покрышек, во многом зависящая от тектонической активности и возраста осадочных толщ. Существенна роль в фазовой дифференциации УВ и других факторов.

Долгое время главная роль в образовании газообразных УВ отводилась сапропелевому ОПБ, так как крупные промышленные скопления газа генетически связывались только с нефтью. Без ссылки на источник С. П. Максимов и В. П. Строганов цитируют следующее высказывание А. Ф. Добрянского: «Природный газ и жидкая нефть должны рассматриваться как единый комплекс, и за исключением явно биогенного метана природный газ имеет нефтяное происхождение» * [11, с. 5]. В настоящее время сторонником такого объяснения природы газообразных УВ, по-видимому, является только В. Н. Корценштейн [2, с. 123].

При выделении глубинных интервалов проявления той или иной зоны катагенеза мерой степени метаморфизма нефтематеринского ОПБ служит углетермографическая шкала и ее модификации. Используя угли или угли-

стую органику в качестве эталона при определении масштабов генерации УВ и их фазового состава, геохимии и геологи долгое время не придавали самостоятельного значения потенциальным возможностям генерации УВ самими углями, углистыми сланцами, углистым детритом и дисперсным гумусовым ОПБ, поступающими в седиментационные бассейны вместе с терригенным минеральным материалом.

Информация о газообильности каменноугольных шахт, о высокодебитных суфлярах и местонахождении газа, генетически связанного с угленосными и субугленосными толщами, обогащенными дисперсным терригенным ОПБ, побудила автора в 1955 г. выделить УВ газы угленосных и субугленосных формаций в качестве самостоятельного источника их промышленных скоплений. Установлена прямая зависимость нефтегенерационного потенциала осадочных толщ от благоприятного сочетания оптимальных биогенных условий во время их накопления со всем комплексом факторов, контролирующих образование и сохранение залежей нефти [3, с. 134—135].

Проявление зависимости иллюстрировалось палеогеографическими картами-схемами, которые отражали глобальную локализацию крупных скоплений нефти в зонах теплого (тропического и субтропического) преимущественно гумидного климата. Палеоклиматический (палеоширотный) контроль глобального размещения скоплений нефти в дальнейшем нашел отражение в публикациях многих авторов (Е. Ирвинг и др., 1962, 1974 гг.; П. Биттерли, 1963 г.; И. Р. Дойч, 1965 г.; Д. и М. Тарлинги, 1973, 1977 гг.; Д. Робертсон, 1973 г.; А. А. Ковалев, 1974 г.; И. Барибэ, 1974 г. и др.) [4]. В последние годы этой проблеме посвящена серия статей Г. П. Тамразяна и С. Т. Овнатанова [8—10 и др.].

Четкое влияние палеоклиматического контроля планетарного размещения нефтяных скоплений обнаружилось в пермских и особенно в мезозойских и кайнозойских отложениях. Этот временной интервал характеризуется усиливающимся по мере омоложения осадочных толщ глобальным похолодани-

* Суть мысли изложена А. Ф. Добрянским в монографии «Химия нефти» (1961 г.).

ем, наиболее остро проявившимся в средних и высоких широтах Северного полушария, где преобладал геократический режим. На схемах, приведенных в монографии [3], показана намечаемая северная граница нефтеперспективных климатических зон, которая отражает раздельное региональное прогнозирование фазового состава промышленных скоплений УВ. Севернее этой границы предполагались преимущественно газовые скопления, образовавшиеся при катагенезе мезозойских и кайнозойских угленосных и субугленосных отложений.

Предложенное автором раздельное прогнозирование, особенно после обнаружения в Западной Сибири скоплений нефти в юрских и меловых коллекторах севернее прогнозных для этих временных интервалов границ*, вызвало у ряда геологов негативное отношение к нашим выводам. Усматривалось их «тормозящее» влияние на ход поисковых работ на севере Сибири.

Правомерность такого подхода к оценке практического значения прогнозирования преимущественной нефте- и газоносности тех или иных осадочных комплексов или ОПБ была бы обоснованной, если бы поиски нефти и газа опирались на принципиально отличающиеся методики, а государство не нуждалось в приросте запасов газа.

После публикации монографии [3] автор неоднократно обращал внимание на то, что промышленные скопления газа не всегда генетически связаны с нефтью. К тому времени накопилось немало фактов, свидетельствующих об образовании крупных залежей газа за счет катагенеза углей, углестых сланцев и терригенного рассеянного ОВ. Вместе с тем анализ данных, полученных в ходе опорного бурения в Западной Сибири, а также результаты изучения разрезов пермских и мезозойских отложений в пределах Хатангской, Лено-Вилуйской и Усть-Енисейской впадин свидетельствовали

* Это обусловлено неизбежностью ошибок при их проведении вследствие недостатка выявленных к тому времени палеоклиматических индикаторов, а также перетоками нефти в мезозойские коллекторы из палеозойских отложений.

о том, что пермские, мезозойские и кайнозойские отложения севера Сибири обогащены терригенным ОВ, которое при благоприятных условиях метаморфизма могло быть источником крупных скоплений только УВ газов*. В связи с этим автор рекомендовал при составлении перспективного плана развития энергетики и химической промышленности на севере Сибири ориентироваться в первую очередь на развитие газовой промышленности.

Прогнозные запасы промышленной нефти на севере Сибири предположительно связывались с палеозойскими (допермскими) отложениями, формировавшимися в благоприятных климатических условиях. При этом не исключалась возможность перетока палеозойской нефти в мезозойские коллекторы.

Многие геологи с выводами автора не согласились. Даже после того как на севере Западной Сибири были открыты все известные в настоящее время гигантские газовые и газоконденсатные скопления и не выявлено ни одного крупного скопления нефти, Н. Н. Ростовцев, А. А. Трофимук, И. И. Нестеров, Ф. К. Салманов, А. А. Бакиров, Ф. К. Гурари, А. Э. Конторович и другие прогнозировали открытие в этом регионе значительных скоплений нефти. Последнее нашло отражение в решении Всесоюзного совещания по проблеме поисков нефти в нижнемеловых и юрских отложениях на севере Тюменской области в 1972 г. Совещание пришло к выводу, что полученные данные подтверждают высокие перспективы нефтегазоносности нижнемеловых и юрских отложений на севере Тюменской области [7].

Последующие работы показали, что принципы, положенные автором в основу раздельного прогнозирования нефте- и газоносности, опираются на реальные природные закономерности.

По образному определению С. П. Максимова и В. П. Строганова, север

* В настоящее время экспериментально и на практике установлено, что гумусовое ОВ в жестких термобарических условиях генерирует незначительное (по сравнению с сапропелевым ОВ) количество жидких УВ, отличающихся высокой парафинистостью, отношением пристана к фитану более 1 и другими особенностями УВ состава [2, с. 278; 16].

Западной Сибири оказался главным полюсом газонакопления нашей планеты [11, с. 14]. Только газоносными (имеются в виду промышленные скопления УВ) оказались мезозойские отложения Усть-Енисейской, Хатангской и Лено-Вилуйской впадин. Газовые фонтаны из кайнозойских отложений получены в Анадырской и Хатырской впадинах и в ОПБ Западной Камчатки. Преимущественно газоносны кайнозойские отложения Аляски и мезозойско-кайнозойский осадочный комплекс Арктической Канады*. Во всех названных ОПБ газоносность генетически обусловлена терригенным гумусовым ОВ.

Некоторые газовые скопления севера Западной Сибири имеют маломощные нефтяные оторочки. Генетически нефть оторочек может быть связана как с сапропелевым ОВ главной зоны нефтеобразования, встречающимся в субугленосных отложениях, так и с собственно гумусовым ОВ при его погружении в ту же зону. Последнее подтверждается высокой парафинистостью нефти в большинстве ее оторочек и отношением пристана к фитану 2,0—6,1. Так же характеризуются нефти Лено-Вилуйской впадины, Предверхоянского прогиба и ряда месторождений Северной Аляски. Парафинистой оказалась нефть, недавно обнаруженная в коллекторах острова Колгуева.

Ряд исследователей приводит доводы, свидетельствующие о том, что западно-сибирская и северо-алаянская нефти в значительной доле (а по мнению некоторых, полностью) генерированы палеозойскими отложениями [4, с. 278; 12, с. 20, 32; 14]. Оценивая перспективы нефтегазоносности доюрского осадочного комплекса Западной Сибири, Н. А. Крылов и др. [6] подчеркивают: «Отложения переходного комплекса, несомненно, следует рассматривать не только как самостоятельный, но и основной нефтегазообразую-

щий комплекс, за счет которого в пределах молодых платформ главным образом сформированы существующие ныне месторождения нефти и газа» (с. 140). Генетическая связь нефти и конденсата северных областей Западной Сибири и Лено-Вилуйской впадины с палеозойскими отложениями обосновывается в монографии Н. М. Кругликова, Л. Я. Багдасаряна, И. А. Волкова и др. «Миграция и рассеяние нефти и газа в платформенных условиях» (1986 г.). Они также полагают, что все среднеобские нефти Западной Сибири происходят из одних материнских отложений.

В последние годы незначительные притоки нефти были получены из кайнозойских отложений Анадырской и Хатырской впадин (Д. И. Агапитов и др., 1983 г.). Высокая парафинистость нефти (до 20 %) свидетельствует о том, что она образовалась из растительного ОВ наземного происхождения. В палеозойских отложениях северосибирских ОПБ промышленная нефть обнаружена в низовьях Енисея, в области сочленения Сибирской платформы и Западно-Сибирской плиты (Б. А. Соколов, И. М. Усманов, 1982 г.).

Исследуя геохимические и историко-геологические особенности образования нефтей и битумов в пермских и мезозойских отложениях северо-восточной части Сибирской платформы, И. Д. Полякова и О. Ф. Стасова (1983 г.) пришли к выводу, что их генетические корни (за исключением нефтепроявлений и битумов на севере Вилуйской синеклизы, образование которых связывается с пермскими угленосными толщами) находятся в нижне- и среднепалеозойских отложениях.

В Южном полушарии влияние палеоклиматического фактора на фазовый состав УВ наиболее четко проявилось в Австралии. По заключению П. Эванса [3], холодный климат устанавливается вследствие длительного пребывания континента и окружающей его акватории в высоких палеоширотах [5] — одна из основных причин единичных открытий крупных скоплений нефти в его ОПБ. В этой связи большая часть мелких скоплений высокопарафинистой нефти образовалась за

* Особенности углеводородного состава незначительных скоплений нефти этого региона, обнаруженной в мезозойских и кайнозойских коллекторах, свидетельствуют о ее генетической связи с ОВ континентального происхождения [15]. Крупные скопления нефти здесь, как и на Арктическом склоне Аляски [14], образовались за счет катагенеза аквагенного ОВ палеозойских отложений.

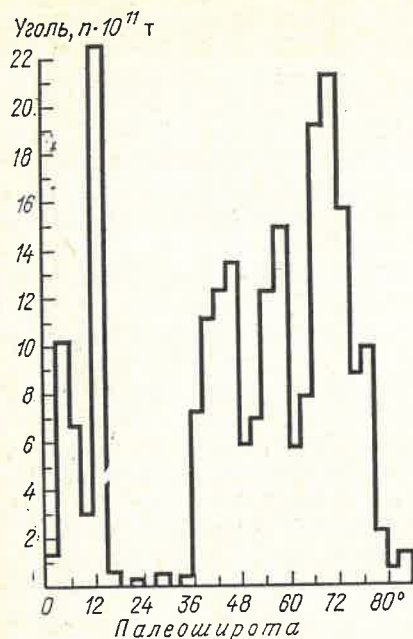


Рис. 1. Палеоширотное распределение глобальных геологических запасов углей [10]

счет УВ, генерированных гумусовой органикой [16].

После открытия крупных месторождений газа, генетически связанного с угленосными и субугленосными отложениями, возросший интерес к новому источнику газообразных УВ был отражен в десятках публикаций. Масштабы генерации УВ угленосными отложениями определены впервые К. И. Багринцевой, В. Г. Васильевым и В. И. Ермаковым [1]. Согласно их расчетам, в угленосных отложениях образовалось 4000—5000 трлн. m^3 УВ газа, из них в осадочном чехле могло сохраниться 1000—1300 трлн. m^3 . Проблема раздельного формирования зон нефте- и газонакопления в зависимости от генетического типа ОВ и степени его метаморфизма посвящены работы [11, 12]. Этот же вопрос затронут в большей части материалов, опубликованных в сборнике [2].

И. П. Жабрев и соавторы [2, с. 12] обращают внимание на генетическую связь 65 % выявленных ресурсов УВ газа с угленосными и субугленосными формациями, при этом главную роль в генерации газа играют угленосные толщи мезозойских отложений, составляющие 80 % объема мезозойского осадочного комплекса.

Чем же объясняется размещение в северной половине азиатской части СССР преимущественно газовых скопления? Исследованиями проблемы углеобразования и палеоклиматологии установлено, что палеоклиматический контроль накопления угленосных отложений в ходе геологической истории существенно изменялся. Если девонские угленосные толщи образовывались в прибрежно-морских условиях аридных зон, а угли карбонового возраста — в приморских низменностях влажных тропиков, то в пермско-мезозойское время благоприятные для углеобразования условия возникают предпочтительно в континентальных обстановках бореальных гумидных зон. В кайнозойское время (преимущественно в неогене) углеобразование происходит не только в бореальных широтах, но и в гумидных зонах низких широт (Ю. А. Жемчужников, 1958 г.; С. Брайден, Е. Ирвинг, 1968 г.; В. М. Синицын, 1980 г. и др.). По данным, приведенным Г. П. Тамразяном и С. Т. Овнатановым [10, табл. 2], в приэкваториальных палеоширотах сосредоточено 4,4 трлн. т (около 20 %) глобальных геологических запасов углей главным образом палеозойского возраста, тогда как в бореальном поясе их масса составляет 18,1 трлн. т (рис. 1).

При сопоставлении палеоширотного распределения геологических запасов углей, накопившихся в земных недрах в фанерозойское время, с палеоширотным распределением запасов газа, а палеоклиматических условий образования угленосных отложений в палеозойское, мезозойское и кайнозойское время с палеоширотным распределением газовых скоплений в это время (рис. 2) в глобальном балансе УВ газов проявляется доминирующая роль газов, генерированных угленосными и субугленосными отложениями. Это особенно характерно для мезозойских отложений СССР, отличающихся гигантскими скоплениями УВ газа и близким к синширотному положением максимумов угле- и газонакопления в высоких палеоширотах (рис. 3). Синширотность была бы идеальной, если бы Г. П. Тамразян и С. Т. Овнатанов (авторы гистограмм) правильно определили палеошироту максимума газо-

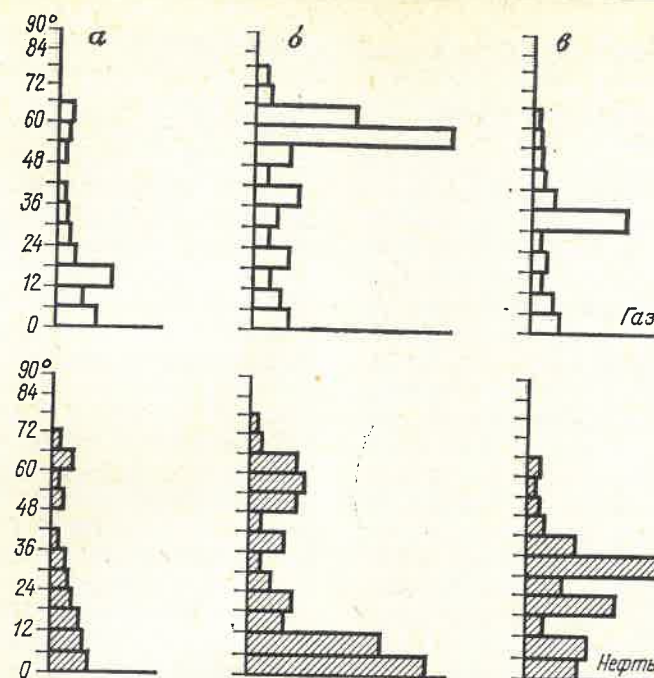


Рис. 2. Распределение нефти и газа по древним широтным поясам Земли (северное и южное полушария совмещены) [8, 10]. По горизонтали — суммарные доказанные начальные

запасы нефти и газа, усл. ед., по вертикали — палеошироты; скопления нефти и газа: а — палеозойские, б — мезозойские, в — кайнозойские

накопления, локализуемого в приустьевом междуречье Оби и Енисея. Юрские и меловые отложения (последние — главные вместилища газа) накапливались здесь севернее 57 параллели [5, рис. 4.13—4.15], что нашло отражение на рис. 2, б, характеризующем глобальное палеоширотное распределение газа в мезозойских отложениях. Поэтому на гистограмме для территории СССР палеоширотный максимум газонакопления должен был проявиться на тех же (если не на более высоких) широтах.

Изложенное свидетельствует о несостоятельности идеи Г. П. Тамразяна о западно-сибирском континентальном дрейфе, породившем Западно-Сибирскую, Туранскую, Скифскую и другие плиты, тектонические условия которых «способствовали образованию газа, а не формированию пластов угля» [9, с. 14]. Во всех названных регионах газонасыщенность мезозойских отложений генетически связывается с угленосными и субугленосными породами [2, с. 11, 155—156]. Что же касается севера Западной Сибири, то по подсчетам А. С. Ровенской, В. И. Горшкова и Н. Н. Немченко [12, с. 84] в этом ре-

гионе отложения тюменской свиты ($J_1—J_2$) и усть-тазовской серии ($K_{1v}—K_{2s}$) содержат соответственно 18,0 и 15,5 трлн. т концентрированного (пласты и линзы угля и углистые породы) и рассеянного терригенного ОВ, что на 1,5 трлн. т превышает глобальные геологические запасы углей [10, табл. 2].

Большая часть мезозойских угленосных и субугленосных отложений Земли накапливалась в палеовысокоширотных ОПБ. Последнее и породило широтную поляризацию максимумов мезозойского нефте- и газонакопления (см. рис. 2). Контрастность мезозой-

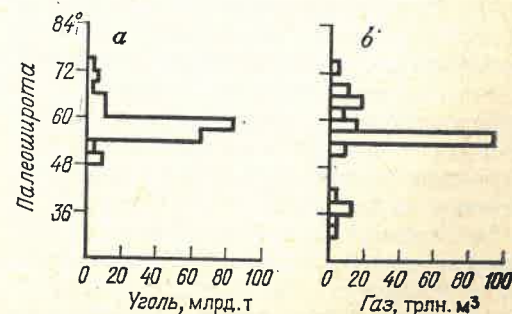


Рис. 3. Распределение запасов углей (а) и газа (б) в мезозойских отложениях СССР по палеошироте [9]

ских палеоширотных максимумов нефти- и газонакопления была бы более резкой, если бы авторы гистограмм в согласии с доказательствами названных выше исследователей палеозойского возраста северо-аляскинской и западно-сибирской нефти отразили ее запасы в низких палеоширотах гистограммы для палеозойских отложений.

Общим недостатком информации, отраженной гистограммами ресурсов газа, является определение палеоширотного положения ОПБ в период накопления газоматеринских толщ. Пример — крупные скопления газа в нижнепермских отложениях Североморского бассейна за счет его перетока из угленосных толщ карбона; газовые скопления в мезозойских отложениях Днепровско-Донецкой впадины вследствие инъекций метана из подстилающих каменноугольных толщ; скопления мезозойского газа под майкопскими отложениями в платформенной части Среднекаспийского бассейна.

Ряд исследователей (И. П. Жабров, В. И. Ермаков, В. А. Скоробогатов, В. И. Ростовцев, Е. А. Рогозина, Г. Э. Прозорович, Э. М. Праслов и др.) приводят доказательства генетической связи гигантских скоплений газа под туронской покрывкой на севере Западной Сибири с ниже- и среднеюрскими угленосными и субугленосными отложениями. Об этом свидетельствует и анализ экспериментального материала, проведенный Е. А. Рогозиной и соавторами [2, с. 43]. Выводы Е. А. Рогозиной и соавторов о глубинном интервале (3,6—5,0 км) проявления главной фазы газообразования (стадии метаморфизма Т-ПА) поддерживались Н. Б. Вассоевичем [2, с. 34]. В. И. Ермаков и соавторы [12, с. 81] полагают, что в восточных и северо-восточных частях Западно-Сибирской плиты «поставщиками газообразных углеводородов в вышележащие отложения осадочного чехла» были и угленосные толщ каменноугольного и пермского возраста.

Угленосные бассейны обычно не содержат крупных скоплений сингенетического УВ газа. Это объясняется особенностями формирования собственно угленосных бассейнов, в которых, как правило, либо не образуется хороших,

экранирующих газ покрывок [11, с. 30], либо же они деградируют вследствие инверсий тектонических движений. В тех случаях, когда над угольными месторождениями образуются и сохраняются надежные покрывки, как, например, в Североморском бассейне, где соленосные отложения цехштейна экранируют подстилающие их угленосные толщ карбона, в ловушках концентрируются крупные скопления газа. По мнению Н. Б. Вассоевича [2, с. 34], такая ситуация возникла и на севере Западной Сибири, где мощная турон-палеогеновая толща глинистых отложений экранировала гигантские скопления газа, генерированного угленосными и субугленосными отложениями всего мезозойского осадочного комплекса.

Г. П. Тамразян и С. Т. Овнатанов не связывают образование УВ газов генетически с угленосными отложениями. Но полученная ими информация свидетельствует о том, что «эпохи (имеются в виду стратиграфические интервалы, — Л. Н.) максимальных угленакоплений наступали раньше, чем эпохи газоконцентраций» [9, с. 13]. Это неоспоримое доказательство господства перетоков УВ газов в отложения, перекрывающие угленосные газоматеринские толщ.

Пространственное разобщение зон накопления мощных толщ преимущественно гомогенной угольной органики и зон генерации и накопления газообразных УВ — следствие выноса речным стоком детритного и растворенного ОВ наземного происхождения из гумидных зон суши в прибрежные области седиментационных бассейнов. В Северном полушарии многие пермские, мезозойские и кайнозойские реки несли свои воды в высокие широты. Особенно это было характерно для североазиатской части, где в мезозойских отложениях высоких широт за счет концентрированной и рассеянной гумусовой органики образовались мощные газогенерирующие осадочные комплексы. Органическое вещество бореальной растительности гумидных областей суши определяло «главную статью» баланса ОВ, фоссилизовавшегося в высокоширотных седиментационных бассейнах, так как слабый прогрев фотического слоя воды, малая

продолжительность биологических сезонов и обедненность речного стока биогенными элементами (ввиду замедленности химического выветривания в бореальных гумидных зонах) лимитировали генерацию аквагенного ОВ.

Сопоставление гистограмм палеоширотного распределения скоплений нефти и газа (см. рис. 2) наглядно иллюстрирует четкую приуроченность генерации преобладающих скоплений нефти к теплым (низкоширотным) палеоклиматическим зонам. Периоды фанерозойской истории Земли, когда оптимальные для углеобразования условия возникали в тропических и субтропических поясах (в палеозойскую и в меньшей степени в кайнозойскую эры), характеризуются практически синширотным распределением максимумов нефти- и газообразования. С перемещением мезозойского угленакопления (а следовательно, и накопления осадочных толщ, обогащенных терригенным ОВ) в бореальные зоны максимумы нефти- и газонакопления резко поляризуются по широте. Все это еще раз убеждает в том, что при благоприятном сочетании всех факторов, контролирующих образование, накопление и сохранение скоплений нефти, теплый климат и сопряженный с ним палеоширотный контроль глобальной локализации крупных скоплений нефти следует рассматривать и как основную предпосылку мощной генерации жидких углеводородов, и как главную закономерность в глобальном размещении нефтеносных отложений.

Изложенное свидетельствует о нереальности модели палеоширотной локализации УВ, предложенной Г. И. Гончаровым [5]. По его представлениям, образование скоплений нефти и газа происходит вследствие инъекций УВ в осадочный чехол по разломам в зонах разрядки тектонических напряжений на «критических параллелях» (0—10, 30—40, 60—70° и полярных). Если бы глобальная локализация УВ шла по модели сторонников критических параллелей, то газ, будучи наиболее миграционноспособным УВ, должен был четко протрассировать предполагаемые зоны разрядки тектонических напряжений. Но, как пишет сам Г. И. Гончаров, «на средних палеопараллелях (60—70°) пик незначите-

лен, а на широте 30—40° его совсем нет» [5, с. 276]. Нет скоплений газа и в приполюсной (80—90°) зоне (см. рис. 2), где Г. И. Гончаровым показан максимум его глобальных скоплений (5, рис. 6.5 (б)).

При анализе всех аспектов рассматриваемой проблемы прослеживается определяющая роль палеоклимата как в накоплении терригенного (концентрированного и рассеянного) газоматеринского ОВ, так и в пополнении палеоводоемов биогенными элементами. Бореальный гумидный климат, с одной стороны, в изобилии обеспечивал сток с детритной и растворенной гумусовой органикой, с другой — сдерживал вынос биогенных элементов. Более холодный климат в седиментационных бассейнах высоких широт, где происходила разгрузка континентального стока, по рассмотренным выше причинам лимитировал накопление сапропелевого ОВ на фоне интенсивного поступления в осадки гумусовой органики. Последнее и предопределяло преимущественную газогенерацию в накопившихся отложениях.

Таким образом, целью проведенного исследования было выявление роли палеоклимата в генерации биосферой нефтегазоматеринского ОВ и в палеоширотном разобщении в пермское, мезозойское и в меньшей степени в кайнозойское время преимущественного накопления аквагенного и терригенного ОВ. Аквагенное ОВ дало начало скоплениям нефти и газа, локализующимся в основном в низких палеоширотах, терригенное — генерировало преимущественно углеводородные газы, образовавшие уникальные их скопления на севере Тюменской области, где масса терригенного ОВ в юрских и меловых отложениях соизмерима с глобальными геологическими ресурсами углей. Перемещение пермских и мезозойских полюсов угленакопления и примыкающих к ним областей интенсивного накопления концентрированного и рассеянного в породах терригенного ОВ в бореальные зоны — главная причина локализации в высоких палеоширотах и основных масс углеводородного газа. Последнее необходимо учитывать при региональном прогнозировании фазового состава углеводородных ресурсов.

Изложенные положения свидетельствуют о том, что палеоклиматический контроль преимущественной газоносности мезозойских и кайнозойских отложений седиментационных бассейнов, формировавшихся в высоких палеоширотах и по этой причине обогащенных газогенерирующим гумусовым органическим веществом, — природная закономерность, теоретически обоснованная автором в 1955 г. и подтвержденная нефтегазопромышленными работами.

Палеоклиматический (палеоширотный) контроль глобальной локализации максимумов нефте- и газонакопления — неоспоримое доказательство генетической связи промышленных скоплений углеводородов с палеобиосферой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Багринцева К. И., Васильев В. Г., Ермаков В. И. Роль угленосных толщ в процессах генерации природного газа. — Геология нефти и газа, 1968, № 6, с. 7—11.
- Генезис углеводородных газов и формирование месторождений. М.: Наука, 1977.
- Назаркин Л. А. Роль палеоклимата в прогнозах нефтеносности крупных регионов. Саратов, 1955.
- Назаркин Л. А. Влияние темпа седиментации и эрозионных срезов на нефтегазонасность осадочных бассейнов. Изд-во Саратовского гос. ун-та, 1979.
- Палеомагнитология/А. Н. Храмов, Г. И. Гончаров, Р. А. Комиссаров и др. Л.: Недра, 1982.
- Перспективы нефтегазонасности доюрских отложений молодых платформ/Н. А. Крылов, А. И. Летавин, Д. С. Оруджева и др. — М.: Наука, 1981.
- Проблема поисков нефти в нижнемеловых и юрских отложениях на севере Тюменской области (материалы Уренгойского совещания). Тюмень, 1973. (Тр. ЗапСибНИГНИ, вып. 70).
- Тамразян Г. П., Овнатанов С. Т. Глобальные особенности пространственного размещения горючих ископаемых как следствие общепланетарных режимов в геотектоническом развитии Земли. — Нефтегазовая геология и геофизика, 1982, № 2, с. 2—7.
- Тамразян Г. П., Овнатанов С. Т. Общие закономерности размещения газа и углей в СССР. — Газовая промышленность, 1982, № 9, с. 12—15.
- Тамразян Г. П., Овнатанов С. Т. Глобальные широтные пояса концентрации углеводородов и ископаемых углей Земли. — Докл. АН СССР, 1983, т. 272, № 1, с. 171—173.
- Условия раздельного формирования зон нефте- и газонакопления в земной коре. Тюмень, 1978. (Тр. ЗапСибНИГНИ, вып. 137).
- Условия раздельного формирования зон нефте- и газонакопления в нефтегазонасыщенных бассейнах СССР и зарубежных стран. Тюмень, 1978. (Тр. ЗапСибНИГНИ, вып. 138).
- Evans P. The petroleum potential of Australia. — J. Petrol. Geol., 1981, vol. 4, N 2, p. 123—146.
- Magoon L., Claypool G. Two oil types on the North Slope of Alaska. Implications for future exploration — Rev. Inst. fr. Pétrole, 1980, vol. 35, N 2, p. 245—256.
- Snowdon L., Powell T. Immature oil and condensate — modification of hydrocarbon generation model for terrestrial organic matter. — AAPG Bull., 1982, vol. 66, N 6, p. 755—788.
- Thomas B. Land-plant source rocks for oil and their significance in Australian basins. — Austral. Petrol. Explor. Assoc. Journ., 1982, vol. 22, N 1, p. 164—178.



СТРАТИГРАФИЯ И ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ

УДК 551.736+551.761 (571.5)

Г. Н. САДОВНИКОВ (ПГО «Аэрогеология»)

К стратиграфии пермо-триасовых отложений Тунгусского бассейна

Согласно решению 3-го Межведомственного стратиграфического совещания по мезозою и кайнозою Средней Сибири [9], вулканогенные образования Тунгусского бассейна, отнесенные к триасу, делятся на три горизонта — тутончанский, двурогинский и путоран-

ский. Границы, объемы и датировка этих региональных подразделений, и прежде всего «двурогинского горизонта», дискуссионны.

В 1951 г. А. К. Кондратенко и В. В. Андрианов верхнюю часть туфогенной толщи низовьев р. Курейка выделили

в двурогинскую подсвиту корвунчанской свиты [2]. В качестве стратотипа выбраны отложения, обнажающиеся в верховьях ручья Правый Рог — правого притока ручья Двурогий. Последний впадает в р. Курейка в 33 км выше устья р. Авам. Позднее В. В. Ермаков, Ю. Я. Лившиц, Ю. Г. Гор и Д. А. Додин [2, 8, 14] установили, что туфогенная толща состоит из двух частей, разделенных лавами. Верхнюю вулканогенно-осадочную толщу стали называть двурогинской свитой. Лавы относили к надеждинской [2, 7], надеждинской и туклонской свитам [9, 12] или к местной верминской свите (устное сообщение Д. А. Додина). Нижнюю вулканогенно-осадочную толщу относили к авамской свите [2, 8, 14] или хаканчанской [9, 12]. Было установлено, что в бассейне р. Аян интервал разреза, отвечающий двурогинской свите, слагают лавы, выделенные в аянскую свиту [2, 8, 9]*. В результате анализа тектоно-магматической цикличности аянская и двурогинская свиты объединены в один горизонт, который Я. И. Польшин называл аянским [8], а Д. А. Додин и Л. Г. Сухов — двурогинским [2].

Палеоботанический материал, собранный В. М. Лебедевым и затем Н. К. Могучевой, позволил последней выделять двурогинский горизонт как стратон комплексного обоснования и предложить ввести его в унифицированную часть стратиграфической схемы вулканогенных образований [5, 9]. Характерными для двурогинского горизонта считались: *Paracalamites triassica* Radcz., *Lobatannularia evenkorum* Pryn., *Acrocarpus dakatensis* Mog., *Cladophlebis kirjamkensis* Pryn., *Sphenopteris kirjamkensis* Pryn., *Katasiopteris lebedevii* Radcz., *Tungussopteris sphenopterides* Vlad., *Madygenia borealis* Radcz., *Voltzia chachlovii* Schved.

Однако такое предложение не увязывалось с данными по центральной части Тунгусского бассейна [10], где к двурогинскому горизонту отнесена бугариктинская свита. В ее верхней части (иргактинская толща) чрезвычайно широко распространены хвой-

ные *Quadrocladus* и *Elatocladus*. Они часто образуют мономинантные или монокомпонентные захоронения (35 местонахождений) и нередко ассоциируют с папоротниками *Mertensides*, *Boreopteris* и др. (12 местонахождений). Иногда папоротники не сопровождаются хвойными (18 местонахождений). Близкие или аналогичные ассоциации свойственны и вышележащей путоранской серии.

Именно в ассоциациях такого типа встречаются *Lobatannularia evenkorum*, *Acrocarpus* (?) *dakatensis*, *Cladophlebis kirjamkensis*, *Sphenopteris kirjamkensis*. Хвойные, напоминающие *Voltzia*, и птеридоспермы *Madygenia*, также считавшиеся типичными для двурогинского горизонта, в этих ассоциациях никогда не отмечались. *Voltzia* (?) встречены в рассматриваемом районе только в нижележащих тутончанских (?) отложениях. Птеридоспермы *Madygenia* известны в пяти местонахождениях, приуроченных к нижней части бугариктинской свиты, и в одном местонахождении, стратиграфическое положение которого неясно (вероятно, оно принадлежит к верхам нижележащей учамской свиты). Ни в одном из этих местонахождений не были найдены *Quadrocladus*, а также *Mertensides*, *Boreopteris* и другие папоротники, обычно ассоциирующие с *Madygenia*. Межведомственное стратиграфическое совещание, учитывая приведенные материалы, решило рассматривать верхнюю часть двурогинского горизонта (в унифицированной части схемы) как слой с *Acrocarpus* и дать отдельные списки ископаемых животных и растений для нижней и верхней частей горизонта [10]. Однако при утверждении схемы это деление не было учтено. Коллоквиум по флоре и палинологии континентального триаса в Новосибирске (1983 г.) также не принял предложения автора о необходимости расчленения двурогинского горизонта, основываясь на данных Н. К. Могучевой об отсутствии двулученного строения его в бассейне р. Курейка и наличии в слое одного местонахождения (правобережье р. Авам) *Madygenia* и *Quadrocladus* одновременно.

Дополнительное изучение стратиграфического района двурогинского гори-

* Ю. И. Дараган-Сушев (устное сообщение) считает, что аянская свита не замещает двурогинскую, а является более молодой.

зонта, проведенное автором в 1985 г., показало, что вулканогенно-осадочные образования, залегающие между верминскими (надеждинскими?) и хоннамакитскими лавами, представляют собой чередование грубых туфов и туффитов с тонкими туффитами и туфогенно-осадочными породами. На верминских лавах лежит толща I (мощность 60—80 м) — гравийные туфы и туффиты. Затем следует толща II (80—120 м), сложенная преимущественно пепловыми туфами и туффитами или туфогенно-осадочными породами. Толща III (20—60 м) состоит из гравийных, отчасти пепловых туфов с линзами туфобрекчий, гравийных и пепловых туффитов и туфогенно-осадочных пород. Толща IV (50—120 м) в нижней части сложена преимущественно туфогенно-осадочными породами, реже пепловыми туфами, главным образом алевритовыми, реже псаммитовыми и пелитовыми. В верхней части преобладают пепловые, реже гравийные туффиты; туфогенно-осадочные породы (в основном туфоалевролиты) имеют подчиненное значение. Встречаются прослои белых, серых, зеленовато-серых известняков. Обычно они редкие, маломощные (до 5 см), однако в средней части толщи их количество и мощность возрастают, последняя иногда достигает 3 м. Толща V (0—80 м) представлена преимущественно гравийными туфами; пепловые туфы, гравийные, псаммитовые и алевритовые туффиты, а также туфогенно-осадочные породы имеют подчиненное значение. В средней части толщи (ручей Левый Рог) встречен пласт известняка мощностью 0,3 м, а в верховьях ручья Правый Рог толщу венчает 17-метровая пачка известняков. На правобережье ручья Правый Рог в нижней части хоннамакитской свиты, отделенной от двурогинской свиты базальтами мощностью около 20 м, прослеживаются анамезиты (20—25 м), вероятно, принадлежащие к надаянской толще [10]. К юго-западу анамезиты выклиниваются.

Растительные остатки в толще I известны в пяти захоронениях. Одно из них состоит преимущественно из остатков членистостебельных, второе — из *Madygenia*, третье — из *Voltzia* (?). Четвертое и пятое захоронения при-

урочены к одному слою, в нижней части которого в среднезернистых туфопесчаниках (0,3 м) присутствуют только *Quadrocladus*, в верхней в туфоалевролитах (0,1—0,8 м) — обрывки папоротников *Madygenia* и *Quadrocladus*. В толще II в захоронениях преобладают папоротники, *Voltzia* (?) либо *Madygenia* (по два захоронения каждого типа), в одном случае — крупные *Rhipidopsis*. Толщи III и V (существенно туфовые) не содержат палеонтологических остатков. В толще IV (туфогенно-осадочной) известно около 30 захоронений. *Madygenia* и *Voltzia* (?), доминировавшие в нижних толщах, а также крупные *Rhipidopsis* здесь отсутствуют. *Quadrocladus* установлено в 12 захоронениях, причем почти всегда они преобладают. В 12 захоронениях обнаружены только остатки папоротников: *Mertensides* cf. *lingulatus* Mo g., *Cladophlebis* (*Aurifolia*) *lobifera* Ргуп. и др.

В толще II (правый склон долины р. Курейка выше устья р. Авам), по заключению Э. Ф. Орловой, конхостраки представлены преимущественно *Cyclestheria krivickii* Nov., кроме того присутствуют *Limnadia* (*Falsisca*) *zavjalovi* Nov., единичные *Lioestheria* sp. В нижней части толщи IV (правый приток ручья Правый Рог) встречены многочисленные *Bipemphigus gennisi* Nov., *Rohdendorffium emeljanovae* Nov., *R. tutontchanum* Nov. В средней части толщи IV в верховьях ручья Тяжелый много *Bipemphigus gennisi* Nov., *Cyclestheria krivickii* Nov., *C. aff. detyctea* Nov. Изредка встречаются *Limnadia* cf. *glabra* (Mitch.), *Loxomicroglypta subcircularis* (Tchern.). Единичны *Rohdendorffium tutontchanum* Nov., *R. emeljanovae* Nov., *Brachystheria taimyrensis* Nov., *Taimyrites strachovi* Nov. (определения Э. Ф. Орловой).

Из вышеизложенного следует, что на р. Курейка, как и на р. Нижняя Тунгуска, двурогинские отложения по составу и палеонтологическим особенностям неоднородны. В связи с этим «двурогинский горизонт» необходимо разделить на два стратона. Стратотип двурогинской свиты включает только верхнедвурогинские отложения (толщи IV и V). Но именно они по флористической характеристике не отлича-

ются от путоранского горизонта и должны быть включены в его состав. В Центральной структурно-фациальной зоне Тунгусского бассейна их достаточно надежно можно сопоставить с верхней частью бугариктинской свиты (иргактинская толща). Помимо этого они соответствуют нижней части нидымской свиты, имеющей практически аналогичную палеофлористическую характеристику.

Нижнедвурогинские отложения (толщи I—III стратотипического района), согласно В. В. Ермолу, Ю. Я. Лившицу и др., составляют лишь часть двурогинской свиты и не вскрываются в ее стратотипе. Поэтому, если выделять эти отложения в самостоятельный горизонт, то последний нельзя называть двурогинским. Однако данных для выделения нижнедвурогинских отложений и их аналогов в самостоятельный горизонт пока недостаточно. Отличия их от тутончанского «горизонта» в большинстве случаев не вполне четкие. От путоранского же горизонта они отличаются более резко. Поэтому нижнедвурогинские отложения можно объединить с тутончанским «горизонтом» в один горизонт, который еще в 1967 г. предлагалось называть корвунчанским [3], и разделить на два подгоризонта.

По решению Межведомственного совещания [9] включавшиеся в «двурогинский горизонт» отложения, как и нижележащие надеждинская, туклонская, хакачанская свиты и их аналоги, отнесены к раннему триасу, что нельзя считать правильным. В нижней части вулканогенных образований (р. Курейка), которая выделена в авамскую свиту, Д. А. Додиныным найдены остатки кордаитовых, на основании чего данная свита отнесена им к перми [2]. Из хакачанской свиты (оз. Лама) Н. А. Шведовым определен позднепермский *Pecopteris* aff. *julii* Radcz. В. П. Владимирович также определила из этих отложений (сборы Я. И. Полькина) *Pecopteris julii* Radcz. В верхней части авамской свиты (правобережье р. Авам) автором собраны и определены остатки позднепермских *Pecopteris* cf. *karpovii* (Radcz.). Наряду с резко преобладающими остатками этого растения здесь встречен один обрывок *Acrosti-*

chides (?) cf. *srebrodolskiae* (Schved.) и мелкие обрывки, возможно, принадлежащие к *Sphenopteris trisecta* Schved., которые широко распространены в более молодых отложениях. Однако это не противоречит выводу о гагарьеостровском возрасте отложений, поскольку для гагарьеостровского горизонта верхней перми характерны мезофитные растения.

В верхах авамской свиты (правый приток р. Курейка, в 5 км ниже устья р. Авам) автором собраны гагарьеостровские *Phyllothea* sp., *Equisetina* sp., *Sphenopteris* sp., *Pecopteris julii* Radcz., *P. taimyrensis* Schved., *P. venusta* Radcz. (определения В. П. Владимирович и Н. Г. Вербицкой). И здесь в виде редкой примеси встречаются широко распространенные в вышележащих отложениях (*Paracalamites* cf. *triassica* Radcz., *Cladophlebis* sp., *Rhipidopsis* (*vel Yavoroskyia*) sp. Позднепермские *Todites* aff. *sibirica* (Schmal.), *Pecopteris leninskiensis* (Chachl.) найдены Л. И. Шахотко [10] в сыверминской свите Норильского плато.

Существенно отличается от приведенных комплекс растений, выделенный в отложениях р. Горбачин, который В. М. Лебедев связывал с хакачанской свитой [11]: *Neokoretrophyllites linearis* (Pryn.), *Schizoneura altaica* Vlad. et Radcz., *Paracalamites triassica* Radcz., *Pecopteris* (?) *pseudotrichachevii* Vlad., *Cladophlebis gorbiatchiana* Mo g., *C. dogaldensis* Mo g., *Tungusopteris sphenopterisdes* Vlad., *Katasiopteris oblongata* Vlad., *Taeniopteris prynadae* Mo g. Л. Г. Сухов и др. [13] полагают, что по крайней мере часть приведенных растений относится к надеждинской свите. Если принять это во внимание, то следует согласиться с мнением Л. Г. Сухова [14], В. М. Лебедева [12], Н. К. Могучевой [5] и других исследователей, которые считают, что туфогенные образования, подстилающие туклонские лавы в Норильском районе и на р. Курейка, не различаются ни по стратиграфическому положению, ни по составу, ни по палеонтологической характеристике и должны выделяться под общим названием. Но их нужно относить не к ту-

тончанскому, а к гагарьеостровскому горизонту и датировать поздней пермью. Это полностью подтверждается и наличием двустворчатых моллюсков. *Abiella* (?) *concinna* (Jones), *A.* (?) *subovata* (Jones) из хаканчанской свиты Норильского и Кетско-Горбиачинского районов [2, 8] характерны для гагарьеостровских и более древних верхнепермских отложений. *Palaeonodonta* aff. *castor* (Eichw.), *P.* aff. *subcastor* (Mal.) тоже являются пермскими, хотя в Тунгусском бассейне известны из более высоких горизонтов вулканогенных образований, чем гагарьеостровский. *Palaeonodonta* (?) *biltchanica* Mal. встречается на р. Кочумдек и в верховьях р. Маймечы (в одном слое) совместно с остатками кордаитовых [1].

Вышележащие туклонская и надеждинская свиты, а также нижнедвурогинская подсвита принадлежат к корвунчанскому горизонту, который наиболее полно палеонтологически охарактеризован в бассейне р. Нижняя Тунгуска. Флора названного горизонта обнаруживает сходство с вятской флорой татарского яруса Восточно-Европейской платформы. Это отмечают все палеоботаники, изучавшие обе флоры — В. П. Владимирович, С. В. Мейен и А. В. Гоманьков. Татарскими считают конхостраки этого горизонта Н. И. Новожилов [3, 6, 7], а остракоды — Е. М. Мишина [4]. Путоранский горизонт, к которому принадлежит верхняя часть двурогинской свиты, содержит флору и фауну, существенно отличающуюся как от вятской (корвунчанской), так и от индской (устькельтерской) [11]. Следует отметить, что именно в путоранском горизонте в районе Талнаха найден *Lystrosaurus* sp. [10]. Среди остракод здесь резко преобладают *Gerdalia*, а также встречаются другие ветлужские формы. Однако отсутствие в раннепуторанской фауне конхострак, развитых в индских отложениях Верхоянья и Таймыра, и широкое распространение пермских форм — *Quadrocladus* (напоминающих цехштейновые) и *Lueckisporites* — дают основания предполагать, что по крайней мере нижняя часть путоранского горизонта является доиндской и может быть условно сопоставлена с дорашамским ярусом.

Таким образом, выделение «двурогинского горизонта» представляется спорным. Он должен быть исключен из унифицированной части стратиграфической схемы вулканогенных образований Средней Сибири. Верхнюю его часть следует приключить к путоранскому горизонту и условно считать триасовой, хотя имеются данные, свидетельствующие о ее более древнем, возможно, дорашамском возрасте. Нижнюю часть «двурогинского горизонта» выделять в самостоятельный горизонт, вероятно, преждевременно. Его следует включить в состав корвунчанского горизонта и относить к татарскому ярусу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боручинкина А. А., Кичкина С. С., Григорьев В. В. Стратиграфия вулканогенных отложений центральной части Тунгусской синеклизы. — Тр. Томского гос. ун-та, 1974, № 4, с. 74—79.
2. Додин Д. А., Сухов Л. Г. Опыт составления унифицированной стратиграфической схемы вулканогенных отложений северо-западной части Сибирской платформы. — Учен. зап. НИИГА. Региональная геология, 1963, № 3, с. 27—50.
3. Маловещая И. М., Новожилов Н. И., Садовников Г. Н. Этапы развития флоры и пресноводной фауны Тунгусского бассейна в поздней перми и раннем триасе. — В кн.: Пятидесятилетие советской палеонтологии и вопросы систематики древних организмов. Л., 1976, с. 296—302.
4. Мишина Е. М. Возраст вулканогенных толщ Тунгусской синеклизы. — Сов. геология, 1973, № 8, с. 133—140.
5. Могучева Н. К. Раннетриасовая флора Тунгусского бассейна. — Тр. СНИИГГИМС, 1973, вып. 154.
6. Новожилов Н. И. Новые двустворчатые листонogie корвунчанской серии Нижней Тунгуски. — В кн.: Двустворчатые листонogie перми и триаса Севера СССР. М.—Л., 1965, с. 45—56.
7. Новожилов Н. И. Вымершие лимнадии. М.: Наука, 1970.
8. Полькин Я. И. Основы унифицированной стратиграфической схемы вулканогенных образований северо-западной части Сибирской платформы. — Учен. зап. Научно-исследовательского ин-та геологии Арктики. Региональная геология, 1964, № 3, с. 5—26.
9. Решения 3-го Межведомственного регионального стратиграфического совещания по мезозою и кайнозою Средней Сибири. Новосибирск, 1978. Новосибирск, 1981.
10. Садовников Г. Н. Корреляция и возраст вулканогенных образований Тунгусского бассейна, Северного Прианбарья и Таймыра. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1981, № 9, с. 49—63.
11. Садовников Г. Н., Орлова Э. Ф., Белозеров В. П. Переход от перми к триасу в

континентальных отложениях Таймыра и Западного Верхоянья. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1981, № 5, с. 53—64.

12. Стратиграфия триасовых отложений Средней Сибири/В. П. Владимирович, В. М. Лебедев, Ю. Н. Попов и др. Новосибирск, 1967, с. 7—30.
13. Сухов Л. Г., Беспалая Е. А., Додин Д. А. Биостратиграфия вулканогенных образова-

ний западной части Тунгусской синеклизы. — Докл. АН СССР, 1966, т. 169, № 6, с. 1402—1405.

14. Сухов Л. Г., Голубков В. С. Принципы расчленения и корреляции древних вулканогенных образований (на примере северо-западной части Сибирской платформы). — Докл. АН СССР, 1965, т. 162, № 6, с. 1378—1381.



РЕГИОНАЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЯ И ТЕКТНИКА

УДК 551.733(575.192)

Е. Г. ФЕДОРОВ (ПГО «Самаркандгеология»)

Олистостромы и олистолиты в карбоне Южного Тянь-Шаня

Широкое распространение олистостромовых образований обвального-оползневого генезиса в Южном Тянь-Шане, формировавшихся практически на протяжении всей истории его развития от позднего ордовика до позднего карбона включительно, получает все большее подтверждение. Они установлены в терригенных и вулканогенно-терригенных формациях Туркестано-Алайской, Зарафшано-Алайской, Гиссарской структурно-формационных зон, Дарвазского хребта [1, 3, 4, 5, 6]. Наиболее ярко эти образования проявляются в терригенных флишевых формациях карбона. В настоящей статье описаны олистостромы, изученные нами в западной части Зарафшано-Гиссарского региона.

По структурно-тектоническому положению, возрасту вмещающих толщ и олистостромовых образований, а также их генезису намечаются Ургут-Тангисай-Магианская, Ганда-Кызылтурук-Шахсайская и Кавсагар-Джиндыдарьинская зоны развития, которые представляют собой чешуйчато-надвиговые или грабенообразные структуры, разделенные горстообразными выступами, сложенными карбонатными образованиями от верхнего ордовика до верхнего девона (рис. 1).

В Ургут-Тангисай-Магианской зоне, на северном (верховья ручьев Чаштепе, Чапдара, Читырли, Сайгус) и южном (ручей Новдароз) склонах Зарафшанского хребта, в терригенной флишевой формации верхнепушневатской

подсвиты (аналог маргузорской свиты Центрального Таджикистана), представленной ритмичным переслаиванием песчаников, алевролитов и аргиллитов турне-ранневизейского возраста, отдельные уровни разреза переполнены глыбами серых, темно-серых массивных известняков, доломитистых известняков и доломитов верхнего силура и нижнего девона, образующих прерывистый олистостром. Некоторые глыбы известняков интенсивно окварцованы, кальцитизированы и рассечены жилами кальцита, которые срезаются вмещающими терригенными породами. Размер глыб от 3 до 120 м в длину при мощности до 10 м.

Вокруг крупных олистолитов наблюдается шлейф из мелких валунов размером до 1 м, причем по мере удаления от крупных глыб уменьшается количество и размер окружающих их валунов. Глыбы и валуны чаще всего имеют линзовидную, реже округлую форму, резкие извилистые или зазубренные отчетливо седиментационные контакты с вмещающими породами и иногда покрыты буровато-серой рубашкой аргиллитов. Несмотря на кажущуюся беспорядочную рассеянность, глыбы в целом приурочены к единому стратиграфическому уровню: нижней части разреза терригенной толщи.

Особенно ярко глыбовое строение разреза верхнепушневатской подсвиты проявлено в верховьях ручья Читырли, где на площади 0,5 км² закартировано 40—45 глыб размером от

санной зоне, приурочена к единому стратиграфическому уровню и концентрируется в нижней части разреза терригенной толщи. Учитывая переотложение в глыбах известняков шингской свиты нижнего силура и доломитов аргской свиты верхнего силура, а также залегание вмещающей терригенной толщи с кремнями в основании на карбонатных породах эйфельского яруса, ее необходимо относить к верхнепушневатской подсвите.

Восточнее, в бассейне ручьев Атохана и Шахсай, среди терригенных пород верхнепушневатской подсвиты отмечаются валуны и линзовидные олистолиды известняков, доломитистых известняков нижнего, среднего и верхнего девона. Вокруг крупных олистолидов наблюдается небольшой шлейф из хорошо окатанных мелких валунов. В глыбах наряду с тентакулитами присутствуют фораминиферы верхнего девона: *Parathurammina* cf. *paulis* E. Вук., *P. aff. crassitheca* Antr., *Paracalligella antropovi* Lip. и др., что позволяет некоторым геологам относить вмещающие породы даже к среднему—верхнему карбону. Здесь же, в бассейне ручьев Шахсай и Ходжамансур, в толще кремнистых и кремнисто-карбонатных пород нижнепушневатской подсвиты, залегающей с глубоким размывом на закарстованной поверхности известняков эйфельского и живетского ярусов, содержатся валуны органогенно-детритовых известняков с фауной среднего и верхнего девона: *Cladopora* sp. indet., *Stachyodes* cf., *gracilis kuznetskensis* Yavor. и др., *Polygnathus eifilius* Bischoff et Ziegler, *Pol. trigonicus* Bischoff et Ziegler, *Tortodus kockelianus australis* (Jackson) и др., *Tuberitina maljavkini* Mikh., *Parathurammina* cf. *crassitheca* Antr. Одни геологи относят валуны к внутриформационным образованиям, а возраст вмещающих пород определяют как средний—поздний девон [2], другие же относят вмещающие образования к среднему—позднему карбону.

Наиболее широко олистостромовые образования развиты в Кавсагар-Джиндыдарьинской зоне, где они приурочены к терригенным отложениям, отнесенным Д. А. Рубановым, И. А. Поникленко [7] к C_2m_2 — C_3 , являю-

щимся аналогами дарахтисурхской свиты Центрального Таджикистана. В современной тектонической структуре они слагают серию грабенообразных структур широтного, запад-северо-западного простирания, разделенных выступами карбонатного фундамента силурийско-позднедевонского возраста. В бассейне левых притоков ручья Кызылтурук, а также по правобережью р. Кашкадарья прослежены линзовидные глыбы, прослой и линзы доломитов верхнего силура, глинисто-детритовых, криноидно-детритовых, пелитоморфных слоистых и массивных известняков с фауной среднего девона: *Clathrostroma* aff. *uralicum* (Yavor.), *Coenites* sp., *Placocoenites* sp., а также с конодонтами верхнего девона.

Слоистые известняки залегают в виде пластовых тел субсогласно с вмещающими терригенными породами, с которыми они имеют четкие седиментационные контакты. Южнее, вдоль правого, а затем левого бортов р. Кашкадарья, с переходом через водораздел на правый борт р. Джиндыдарья, практически непрерывной полосой прослежен олистостром, сложенный в основном известняками верхнего турне—нижнего визе и закартированный на геологических картах как пачка «б» внутри терригенных отложений, отнесенных к турнейскому ярусу (Э. Д. Безуглов, 1972 г.) или к верхнему турне—визе (Е. Г. Федоров, 1971, 1973 гг.). Далее на восток эти олистостромовые образования прослеживаются в бассейне р. Джиндыдарья, где разрез терригенной толщи имеет следующий вид. На правом борту р. Джиндыдарья, на меридиане ручьев Уширак и Кызылалма, на карбонатный фундамент среднего—верхнего девона с глубоким размывом, местами с воронками, ямами залегают известняковые конгломераты, валунники, состоящие из известняков нижнего—верхнего девона, нижнего карбона (рис. 3). В глыбах, валунах собраны фораминиферы: *Parathurammina cushmani* Sul., *P. aff. bella* Reitl., *Glomospirella* cf. *pulchra* (Mikh.), *Endothyra* ex gr. *recta* Lip., *Endothyranopsis* sp., *Brunsiina* sp., *Spinoendothyra* ex gr. *inflata* (Lip.), *Ammodiscus* sp., *Latiendothyra* ex gr. *latispiralis* (Lip.).

По заключению Н. М. Михно, первые три формы определяют возраст вмещающих пород в пределах позднего девона, остальные — в пределах турне-ранневизейского возраста. Выше по разрезу залегают овальные валуны, линзовидные глыбы известняков, кремней, рассеченных прожилками кварца протяженностью в десятки метров при мощности до 10 м. Контакты с вмещающими породами четкие, резкие, отчетливо седиментационные. Такой характер разреза терригенной толщи протяженностью 5—8 км сохраняется как в западном направлении, до левого борта ручья Каулюк, так и в восточном, до меридиана ручья Уширак. В бортах глубоко врезанных (на 30—50 м) саев отчетливо наблюдается глыбовый характер известняков, которые прослеживаются по падению на 10—20 м, реже 30—50 м. Вокруг крупных глыб наблюдается шлейф мелких валунов из известняков, причем по мере удаления от олистолидов уменьшается их размер и улучшается окатанность.

На различных слоях этой части разреза (C_2m_2 — C_3) залегает олистостром, сложенный темно-серыми массивными тонкодетритовыми известняками протяженностью 4 км при мощности от 20 до 70 м. В рельефе олистостром образует узкий грядобразный выступ субширотного простирания с неровной слабоизвилистой подошвой и глубоко эродированной, рассеченной трещинами, карманами, ямами кровлей, на которую с глубоким размывом, местами с конгломератами в основании, залегает верхняя часть разреза C_2m_2 — C_3 . Вдоль всего контакта с олистостромом в терригенных породах отмечается шлейф из многочисленных несортированных валунов, глыб известняков, аналогичных по составу основному телу олистострома, а также валуны, реже глыбы песчаников, гравелитов, возможно, турнейского возраста.

Реже отмечаются валуны и глыбы светло-серых массивных известняков нижнего—верхнего девона. Глыбы имеют овальную, линзовидную форму длиной от 2 до 10 м. Поверхность их неровная, сильно корродированная, причем основная масса одета в красновато-бурую глинисто-карбонатную рубашку. Из известняков, слагающих

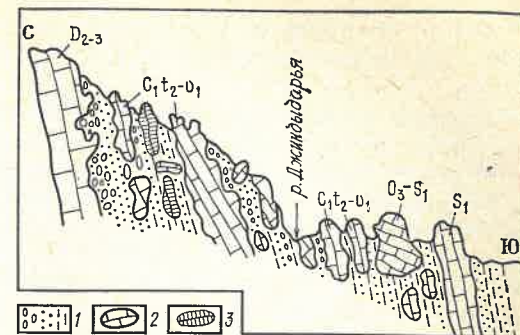


Рис. 3. Олистостромовый комплекс в средне- и верхнекарбонных отложениях (правый борт р. Джиндыдарья, ручей Куле)
1 — терригенная формация; 2 — олистостромы карбонатных пород верхнего ордовика—нижнего силура, нижнего — верхнего девона и верхнего турне—нижнего визе; 3 — олистолиды кремнистых пород

олистостром и олистолиды, собраны ругозы: *Cyathoclisia* sp., indet., распространенные, по определению М. В. Ериной, в нижнем карбоне, фораминиферы: *Endothyra* aff. *costifera* Lip., *E. aff. kosvensis* Lip., *Septaglomospiranella* sp., *Latiendothyra* sp., *Spinoendothyra* ex gr. *inflata* (Lip.), *Tetrataxis kiselicus* Mal. позднего турне—раннего визе (определения Н. М. Михно).

Прослеживание олистострома в западном направлении показало, что в правом борту урочища Акбача он местами размыт полностью вышележащей терригенной толщей. Здесь же олистостром частично ложится на карбонатный фундамент средне- и позднедевонского возраста, а на западном продолжении распадается на отдельные изолированные олистолиды, и на протяжении 5—6 км отмечается серия линзовидных, пластообразных, овальных олистолидов, сложенных серыми, темно-серыми массивными, реже полосчатыми известняками, кремнями нижнего карбона, переотложенный характер которых подтверждается и тем, что в бассейне ручьев Новика и Новчамок они большей частью залегают с резкими контактами непосредственно внутри полимиктовых конгломератов или гравелитов. Протяженность пластообразных выходов достигает первых сотен метров при мощности до 43 м. Содержащиеся в олистолитах фораминиферы *Endothyra* sp. указывают на турнейский возраст вмещающих пород.

Выше по разрезу прослеживаются еще два уровня развития олистостромовых образований с четкой приуроченностью их к определенным стратиграфическим интервалам разреза терригенной толщи, причем оба уровня прослеживаются субпараллельно кровле основного тела олистострома, соответственно в 50—70 и 90—100 м и представлены сближенными, с четко-видным расположением олистолитов, линзообразными выходами известняков турне-ранневизейского возраста. Длина олистолитов от 2 до 150 м при мощности от 1 до 30 м и протяженности 6—8 км. В глубоких врезках саев отчетливо виден их бескорневой характер. Из отдельных глыб собраны фораминиферы: *Plectogyra* ex gr. *lati-spiralis* Lip., *Endothyra latispiralis* Lip., *E. cf. tschikmania* Mal., *E. aff. tuberculata* Lip., *E. cf. inflata* Lip., *E. aff. costifera* Lip., *Tetrataxis* aff. *vulgaris* Mal., *Tournayella* ex gr. *discoidea* Dain, *Palaeospiroplectamina* cf. *tchernyshinensis* (Lip.).

По определению Н. М. Михно, возраст вмещающих их глыб поздне-турнейский—ранневизейский. В приустьевой части ручья Куле, левого составляющего р. Джиндыдаря, кроме олистолитов известняков $C_{12}-v_1$ нами прослежен олистостром, сложенный в нижней части переслаивающимися желтовато-буровато-серыми детритовыми, глинистыми и алевроитовыми известняками, песчанистыми доломитами, кварцевыми песчаниками уровня арчалыкских слоев ашгиллского яруса. В прослоях глинистых известняков наблюдаются обрывки колоний табулятов, мелкие раковины брахиопод, пелеципод. Выше по разрезу олистострома отмечаются серые тонко- и мелко-зернистые, мелко- и среднеслоистые доломиты уровня минкухарских слоев нижнего лландовери.

Верхняя, большая часть олистострома сложена серыми среднезернистыми диагенетическими доломитами уровня южносумсарской свиты среднего—верхнего лландовери. Общая мощность верхнеордовикских—нижнесилурийских отложений, состоящих из олистострома, 100—120 м при протяженности не менее 450 м и ширине выхода 30—55 м. Вокруг олистострома и на его простирации наблюдается

шлейф из мелких глыб и валунов глинистых известняков и доломитов.

В пропластке брахиоподовых известняков собраны конодонты: *Dapsilodus similis* (Rhodes), *Panderodus gracilis* (Branson et Mehl), брахиоподы: *Dolerorthis intermedius* Nikif. (определения Л. С. Апекиной и Л. Е. Карташовой), подтверждающие ашгиллский возраст известняков олистострома. В 25—30 м южнее прослеживается еще один олистостром, четко выраженной линейной формы, залегающий субсогласно с вмещающими его терригенными породами. Северная часть олистострома сложена серыми доломитами нижнесилурийского облика мощностью 12—15 м, а южная часть — переслаивающимися известняками тонкодетритовыми, мелкослоистыми, темно-серыми, с линзочками кремней. Общая мощность олистострома 30—40 м при протяженности не менее 500 м.

На западном продолжении вышеописанных олистостромов в бассейне ручья Хакикул наряду с олистолитами, сложенными известняками $C_{12}-v_1$, прослежен пластообразный олистостром, выраженный толщей переслаивающихся глинистых, детритовых известняков, кремней и аргиллитов. На поверхностях напластования известняков и в шифах из них отмечаются тентакулиты, указывающие на возраст олистострома не моложе позднего девона. Олистостром залегает согласно с вмещающими терригенными породами среднего—верхнего карбона и имеет мощность до 50 м при протяженности 2—2,5 км.

Не исключено, что при более детальном изучении западного окончания олистостромового комплекса в правом борту р. Кашкадаря в его составе наряду с известняками $C_{12}-v_1$ будут выявлены олистостромы, сложенные известняками нижнего и верхнего девона. Отнесение терригенной формации в бассейне рек Кашкадаря и Джиндыдаря, содержащей олистостромовый комплекс с органическими остатками верхнего ордовика, нижнего силура, среднего, верхнего девона и нижнего карбона, к $C_{2m_2}-C_3$, обосновывается, кроме того, сходством литологического состава с дарахтисурхской свитой, а также многочисленны-

ми растительными остатками: *Stigmara ficoides* Brongn., *Calamites suchowi* Brongn., *Lepidodendron* ex gr. *kirghizicum* Zal., *L. lycopodioides* Sternb., *Neuropteris* sp. и др., указывающими, по определениям Т. А. Сикстель и Л. И. Савицкой, на верхи среднего—низи верхнего карбона.

Ярким примером образования олистостромовых комплексов в современной структуре западной части Зарафшано-Гиссарского региона являются крупные олистолиты, сложенные известняками нижнего девона, обрушившиеся и сползшие на дислоцированные карбонатно-терригенные образования среднего—верхнего ордовика и нижнего силура в верховьях ручья Ютансай (южный склон и водораздел Зарафшанского хребта). Длина обрушившихся блоков изменяется от 30 м до 1,2 км при ширине от 50 до 600 м и высоте до 50 м. Ближайшие выходы известняков нижнего девона располагаются в 3—4 км к северо-востоку.

Вышеприведенный материал свидетельствует о широком развитии олистостромовых образований в терригенных формациях нижнего и среднего—верхнего карбона в Зарафшано-Гиссарском регионе. Однако среди геологов возникают крайние точки зрения на генезис карбонатных пород, залегающих среди терригенных, вулканогенных и вулканогенно-терригенных формаций. Ошибочная трактовка их как сингенетических образований или объяснение их происхождения за счет зон меланжа приводит к неверным стратиграфическим и тектоническим построениям. В то же время иногда нет оснований считать карбонатные породы, сингенетичные вмещающим их терригенным или вулканогенно-терригенным образованиям, переотложенными. Но наибольший вред правильному пониманию локальных и региональных вопросов стратиграфии и тектоники приносит огульное, без учета комплекса факторов, отнесение отдельными геологами не только карбонатных тел, но и значительных по площади выходов терригенных, терригенно-карбонатных пород, в частности среднего—верхнего ордовика, к верхнему палеозою только на основании находок перевернутых или обломанных колоний табулятоморфных корал-

лов или же из-за относительно широкого (в пределах двух ярусов) возрастного диапазона палеонтологических остатков. Детальное изучение опорных для Средней Азии разрезов среднего—верхнего ордовика и нижнего силура «Шахриомон-1», «Новабак» и других показало, что наряду с захоронением колоний кораллов в прижизненном положении довольно часты случаи сонахождения их с перевернутыми или разрушенными колониями. Нахождение в терригенных или карбонатных породах колоний, залегающих в опрокинутом положении, само по себе не может служить достаточным основанием для заключения о переотложении вмещающих толщ.

Как видно из вышеописанного, олистостромы и олистолиты не обнаруживают какой-либо связи с вмещающими их терригенными породами. Все они были закартированы нами, что и позволило судить о характере их распространения в разрезе терригенных толщ C_{1t} и $C_{2m_2}-C_3$ и в пространстве, выделить участки максимального сосредоточения (Е. Г. Федоров, 1973, 1976, 1977, 1980 гг.), наметить зоны их приуроченности. Материалы по Ургут-Тангисай-Магианской и Кавсагар-Джиндыдарьинской зонам дают возможность уверенно говорить о полосе их распространения протяженностью 45—50 км при ширине 1—2 км. С учетом восточной части Зарафшано-Гиссарского региона длина полосы до 100—120 км [3—6].

Такое обилие переотложенных и беспорядочно рассеянных разновозрастных олистолитов, достигающих в длину до 350 м при мощности до 50—70 м и протяженности олистостромовых комплексов более 100 км, можно объяснить только грандиозными обвальноподолзновыми процессами в условиях более или менее значительно расчлененного рельефа при общей высокой тектонической активности района в отдельные периоды формирования терригенных формаций C_{1t} и $C_{2m_2}-C_3$.

Генезис олистостромовых образований южной части Зарафшано-Гиссарского региона и в частности, Кавсагар-Джиндыдарьинской зоны, видимо, связан с крутопадающими разломами, заложенными ранее внутри ранне- и позднекаменноугольных прогибов, в

связи с которыми возникли узкие протяженные горстообразные поднятия северо-западного простирания. Последние подверглись интенсивному размытию с отрывом и обрушением значительных по площади масс карбонатных пород в разделяющие эти поднятия трогообразные долины, ширина которых составляла несколько километров. Размыты были не только карбонатные образования верхнего турне-нижнего визе, но и верхнего, среднего, нижнего девона вплоть до верхнего ордовика. Не исключено, что генезис части олистостромовых образований Ургут-Тангисай-Магианской зоны, возможно, косвенно связан с разрушением и обрушением фронтальных частей двигавшихся шарьяжей, сложенных карбонатными породами нижнего и среднего девона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахмеджанов М. А., Абдуллаев Р. Н., Борисов О. М. Нижний палеозой Среднего и Южного Тянь-Шаня: Фан, 1979.



МИНЕРАЛОГИЯ, ПЕТРОГРАФИЯ, ЛИТОЛОГИЯ

УДК 552.323.8.333.4 : 553.073.2

Ю. Л. КАПУСТИН (МГРИ)

Кимберлиты, кимберлитоподобные породы и проблема алмазности трубок взрыва

Установление алмазности кимберлитов и выявление для них надежных и четких поисково-оценочных критериев имеет большое значение. Среди известных в различных регионах мира многих сотен трубок взрыва алмазности лишь несколько десятков, а в целом ряде дайковых полей подавляющее большинство трубок эруптивных брекчий не содержит алмазов, что по-разному объясняется различными авторами.

Алмазность трубок взрыва, как нами ранее указывалось [7, 8], определяется прежде всего их формационной принадлежностью. В настоящее время под названием «кимберлит» разные авторы описывают различные эруптивные брекчий ультраосновного, щелочного или карбонатного состава [1, 2, 3, 5, 11, 13]. Нами изучены многие десятки таких эруптивных брекчий из карбонатных комплексов, не содержащие алмазов и генетически связанные с карбонатитами. Для сравнения проанализированы также образцы типичных кимберлитов из ряда трубок Сибири. При этом в группу «кимберлитоподобных» пород выделены

2. Биостратиграфия девона Зарафшано-Гиссарской горной области/А. И. Ким, М. В. Ерина, Л. С. Апекина, А. И. Лесовая. Ташкент: Фан, 1984.
3. Кухтиков М. М., Черенков И. Н. Олистостромы вулканогенно-осадочной формации Гиссаро-Алая и Дарваза.— Сов. геология, 1984, № 3, с. 60—64.
4. Муфтиев З. З. К стратиграфии каменноугольных отложений северного склона Гиссарского хребта (междуречье Ягноб—Джиджикрут—Марзич).— Изв. АН ТаджССР. Отд. физ.-мат., химич., геол. наук, 1970, № 2 (36), с. 71—78.
5. Муфтиев З. З., Шадчиев А. С. К стратиграфии палеозоя Зеравшано-Гиссарской структурно-формационной зоны.— В кн.: Вопросы геологии Средней Азии. Л., 1970, с. 145—162. (Тр. ВСЕГЕИ. Нов. сер., т. 168).
6. Ордовик Зеравшано-Гиссарской горной области (Южный Тянь-Шань)/А. И. Лаврусов, Д. А. Старшинин, В. И. Лаврусов, В. Д. Салтовская.— Изв. АН ТаджССР, 1972, № 1 (43), с. 59—66.
7. Рубанов Д. А., Поникленко И. А. Краткий очерк геологического строения Западного Гиссара. Ташкент: Фан, 1968.

только эруптивные брекчий из карбонатных комплексов или пространственно и генетически связанные с карбонатитами.

Цементирующая бесполовошпатовая основная масса этих пород имеет ультраосновной и щелочно-ультраосновной состав, содержит оливин, моноклинный пироксен, монтчеллит, флогопит, меллит, нефелин, керсутит и карбонаты. Эруптивные брекчий с цементом чисто щелочного, базальтового и кислого состава, в котором присутствуют полевые шпаты, в статье не рассматриваются.

При сравнении строения и состава кимберлитов, описанных в различных регионах мира, выяснено, что одна их часть содержит барофильные минералы — пироп, энстатит, пикроильменит, алмаз при отсутствии или редкой встречаемости барофобных минералов, другая — преимущественно барофобные — меллит, монтчеллит, кальцит, амфиболы, шорлит, монтчеллит, кальцит, амфиболы, шорлит, перовскит, бадделейт, а иногда нефелин, моноклинные щелочные пироксены, биотит и пироксен. Во всех случаях важную роль в составе кимберлитов играет магнезиальный оли-

вин (от форстерита до хризолита, FeO 3—12 %). Иногда присутствуют хромдиопсид и флогопит (табл. 1). Известны и двойные трубки, в которых одна половина представлена типичными кимберлитами, а другая — кимберлитоподобными породами, сложенными барофобными минералами (Якутия, СССР; ЮАР).

При изучении дайковых полей, где алмазные кимберлиты ассоциируют с неалмазными кимберлитоподобными породами, чрезвычайно трудно выработать четкие критерии их различия: в большинстве полей все эти породы описываются как «кимберлиты» [1]. Часто при отсутствии детального петрографического описания указанных пород разделение их на различные формационные группы становится невозможным. Однако задача вполне разрешима, если предварительно составить детальную характеристику кимберлитоподобных эруптивных брекчий, никогда не несущих алмазов.

Такие брекчий широко распространены в карбонатных комплексах или вблизи них, в пределах региональных тектонических структур, контролирующих размещение этих комплексов. Нами исследовано большое число трубок взрыва, дайковых полей и тел, заполненных эруптивной брекчий и генетически связанных с карбонатитами, на Кольском полуострове, в Сибири и на Украине, многочисленные образцы подобных брекчий из полей Якутии, Северной Сибири, Красноярского края, массивов Альне (в Швеции) и Фен (в Норвегии), а также из вулканических полей Восточной Африки, полученные от различных исследователей. Изучены и образцы типичных кимберлитов Якутии, Северной Сибири и Африки.

Кимберлиты. К типичным кимберлитам следует относить оливиновые породы, в различной степени серпентинизированные, с брекчиевой текстурой, слагающие дайки, трубки взрыва или силлы и содержащие пироп, энстатит, пикроильменит, акцессорный алмаз, обломки оливинитов, эклогитов, диопсид-энстатитовых, пироп-энстатит-оливиновых и оливин-хромдиопсидовых пород. Большинство тел типичных алмазных кимберлитов представляет собой вертикальные или крутопадающие трубки взрыва округлого или овального сечения. (Якутия, Далдыно-Алакитская группа; ЮАР, район Кимберли-Бенн-Фонтейн; Кения, Мвадун и др.). Известно, что с глубиной кимберлитовые тела приобретают все более уплотненную форму, переходя в линейные дайки, сложенные преимущественно массивными, слабоизмененными породами с небольшим объемом мантийных эклогитовых ксенолитов. При поверхностные срезы трубок взрыва заполнены сплошной автобрекчий, состоящей из автолитов (30—70 %) и обломков прочих пород (10—20 %), почти нацело серпентинизированных основной массой.

Брекчиевое строение кимберлитов подчеркивается постоянно. Повсеместно устанавливаются многостадийность брекчирования и разнородность обломков, представленных в основном тремя группами пород — кимберлитами (автолитами) размером 1—20 см; мантийными эклогитами, шпинелевыми и гранатовыми гипербазитами (1—10 см); вмещающими и про-

рванными на глубине породами (до 5 м в перерыве).

Основная цементирующая масса брекчий также содержит обильные обломки минералов из «родственных включений» — энстатита, граната, хромдиопсида, пикроильменита, оливины и в значительных количествах мелкие обломки минералов окружающих пород. Количество таких обломков составляет в сумме 20—30 % от общего объема основной массы породы. Эта масса образована мелкозернистым агрегатом обломков серпентина (40—70 %), доломита (0—15 %), хлорита (0—15 %), магнезита (до 10 %) с сохранившимися реликтами оливины и пылевидной вкрапленностью магнетита. Большая часть магнетита, вероятно, выделялась при серпентинизации первичного хризолита (FeO до 12 %). В породе часто присутствуют также серии прожилков и гнезд кальцита, доломита, хлорита, стронцианита, серпентина или брусита. Довольно часто и цементирующий агрегат сложен обломками размером 0,5—7 см, в свою очередь, сцементированными массой серпентина, хлорита и карбонатов.

Чрезвычайно характерно для кимберлитов постоянное округление ксенолитов. Остроугольные ксенолиты в них редки и практически целиком представлены окружающими породами. Автолиты и мантийные «родственные включения» округлены и имеют сферообразную форму. Точно так же крупные кристаллы оливины, пикроильменита, пироба и энстатита обычно имеют округленную форму с многочисленными сколами на поверхности. На кристаллах пироба и алмаза часто развиты ровные грани, но обычно и эти кристаллы встречаются в виде асимметричных обломков монокристаллов. Только относительно мелкие кристаллы минералов 11-й генерации (менее 3 мм) сохраняют хорошую гранку. В породе обломки совершенно свежего хризолита располагаются рядом с полными псевдоморфозами по нему серпентина, а свежие обломки пироба — рядом с его обломками, окруженными по периферии келифитовым агрегатом [1, 12, 13].

Все перечисленные особенности строения и состава кимберлитов указывают на многостадийность взрывных явлений при их формировании, обвивания, дробления, окатывания ксенолитов и первичных кристаллов-вкрапленников или фенокристаллов. И обломки, и кристаллы, вероятно, в процессе транспортировки и взрывов обвивались друг о друга и о стенки трещин, приобретая сферическую форму. При этом, естественно, максимально округлились обломки мантийных пород и их минералов, приносившиеся с наибольшей глубиной. Обломки окружающих пород, чаще содержащиеся в краевых частях кимберлитовых тел, испытывали незначительное перемещение и могли сохранить свою первичную остроугольную форму.

Интенсивное изменение кимберлитов и частое присутствие в них нацело серпентинизированных обломков, сцементированных вторичной хлорит-карбонат-серпентиновой массой, указывают на столь же длительный и многостадийный гидротермальный автометаморфизм пород. При этом в основном происходила гидратация оливины (в меньшей степени пироксенов и пироба), сопровождавшаяся развитием

Минеральный состав кимберлитов и кимберлитоподобных пород

Минеральный состав кимберлитов и кимберлитоподобных пород					Акцессорные минералы
Порода	Массив, поле	Вкрапленники	Породообразующие минералы		
			Основная масса	Вторичные	
Пикрит монтцеллитовый	Вуориярви	Форстерит	Монтцеллит, магнетит, флогопит	Серпентин, рихтерит	Перовскит, апатит
	То же	То же	Монтцеллит, флогопит, форстерит	Доломит, серпентин	Перовскит, апатит, мелилит
Пикрит оливиновый	Вуориярви	Форстерит, флогопит, авгит	Форстерит, флогопит, магнетит, авгит	Кальцит, серпентин	Перовскит, клиногумит
	То же	Форстерит	Форстерит, магнетит, флогопит, апатит	Кальцит, магнетит, клиногумит, манассеит	Перовскит, апатит, бадделейт
»	Ковдор, Ненокса	Форстерит, флогопит, авгит	Форстерит, магнетит, флогопит	Серпентин, рихтерит	Перовскит, апатит, мелилит
»	Нижнесаянский	Форстерит, авгит, флогопит	Форстерит, авгит, меллит, магнетит	Серпентин, карбонаты	Перовскит, апатит, бадделейт
»	Чадобецкое	Флогопит	Форстерит, магнетит	Клиногумит, карбонаты	Перовскит
»	Африканда	Флогопит, керсутит, оливин	Авгит, флогопит	Хлорит, карбонаты	Апатит, шорломит, нефелин
Пикрит пироксеновый	Ковдор	Авгит, форстерит, керсутит	Авгит, флогопит, меллит, нефелин	Рихтерит, карбонаты	Апатит, шорломит, сфен
То же	Тагинский	Флогопит, оливин	Авгит, флогопит	Карбонаты	Магнетит, апатит, перовскит
»	Нижнесаянский	Авгит, керсутит, нефелин	Авгит, нефелин	Карбонаты, цеолиты	Апатит, сфен, шорломит, циркон
Нефелинит, мелансфелит	Ковдор	Керсутит, биотит, авгит	То же	Канкринит, карбонаты	Шорломит, сфен
То же	Вуориярви	Авгит, керсутит	Авгит, нефелин, биотит	Цеоциты, карбонаты	Циркон, мелилит, апатит
»	Нижнесаянский	Авгит, оливин, керсутит	Авгит, нефелин, биотит, кальцит	Канкринит	Шорломит, апатит
»	Турий мыс	Оливин, биотит	Авгит, нефелин	Карбонаты	Апатит
»	Альне	Авгит, биотит	То же	Цеолиты	То же
»	Напак, Торор, Рури	Альбит, керсутит, нефелин	Авгит, нефелин, микроклин	Канкринит, карбонаты	»
Фонолиты	Ковдор, Тороро				
То же	Озерная варака	Керсутит, альбит, кальцит	Авгит, нефелин, биотит, микроклин	Цеолиты	»
»	Торор, Рури, Хома	Керсутит, биотит, кальцит	Авгит, биотит, нефелин, микроклин	То же	Шорломит
»	Турий мыс	Керсутит, альбит, кальцит	Авгит, нефелин, микроклин	Канкринит	Апатит, шорломит
Альненты	Турий мыс, Альне	Форстерит, флогопит, авгит	Мелилит, флогопит, авгит, нефелин	Карбонаты	Шорломит, апатит, перовскит
То же	Ковдор	Керсутит, авгит, флогопит	Флогопит, меллит, авгит, нефелин	Гранат, карбонаты	Шорломит, магнетит, апатит
»	Тагинский	Форстерит, авгит, флогопит	Мелилит, флогопит, авгит, кальцит	Гранат, волластонит	Шорломит, сфен
Глобулярные породы (кальцитовые меллититы)	То же	Авгит, флогопит	Стекловатый меллитит, кальцит	Хлорит, филлипсит	—
То же	Ненокса	Авгит, форстерит	То же	То же	—
Дамкьерниты	Квараха, Хананг	То же	»	»	—
То же	Ковдор, Альне	Флогопит, керсутит	Кальцит, флогопит, магнетит, рихтерит	Доломит	Апатит
То же	Вуориярви	Флогопит, авгит, кальцит	Кальцит, флогопит, рихтерит	То же	Апатит, магнетит
»	Себель-Явр	Флогопит, авгит, керсутит	Кальцит, флогопит	Рихтерит	Магнетит
»	Ненокса	Форстерит, кальцит	Кальцит	Хлорит, серпентин	То же
»	Нижнесаянский	То же	Кальцит, флогопит, магнетит	Рихтерит	Апатит
»	Тороро, Хома, Рури	Керсутит, флогопит	То же	То же	То же
»	Куонапское	Форстерит, флогопит	Кальцит, флогопит	Хлорит, рихтерит	Магнетит, перовскит
Кимберлит типичный	Якутия	Оливин, энстатит, пироп	Оливин, пироксены (класогенный материал), флогопит	Серпентин, карбонаты	Алмаз, хромит, циркон, апатит
	То же	Пикроильменит, флогопит	Оливин, пироксены	Хлорит, брусит	Перовскит
То же	Африка (Мвадун, Кимберли)	Оливин, энстатит	Оливин, пироксены	То же	То же

водных магнезиальных минералов — серпентина, талька, хлорита, брусита, а также карбонатов, что, по-видимому, связано с резким снижением температуры (менее 425 °C) и давления, появлением паров воды. Карбонатизация чаще проявляется в уже серпентинизированной породе, и повышение фугтивности CO_2 фиксируется на заключительной стадии гидротермально-автометасоматического процесса переработки кимберлитов (если не считать редких находок отдельных мелких кристаллов раннего кальцита в некоторых трубках).

Многочисленные взрывные явления, обусловившие формирование брекчиевых кимберлитов, фиксируются наличием в них обломков пород различной глубинности и обломков слагающих их минералов. Взрывные явления могут развиваться вследствие исключительного обогащения первичного кимберлитового расплава газовой фазой, первоначально, вероятно, имевшей углеводородно-водородный состав [4, 7, 9]. Однако о существовании первичного кимберлитового ультраосновного расплава не приходится сомневаться, так как хорошо известен стабильный первичный оливиновый состав кимберлитов, одинаковый для кимберлитов всех регионов и любого возраста. Точно так же стабилен и состав встречающихся в них мантийных ксенолитов — «родственных включений», свидетельствующих о поступлении расплава из глубинных зон мантии.

Менее значительные изменения кимберлитов с глубиной, даже в пределах 1—1,5 км по вертикали, указывают на резкую активизацию газоотделения от расплава в приповерхностных частях трубок взрыва и появление при этом большого количества паров воды. Возможно, именно вблизи поверхности из-за резкого падения давления происходят бурное вскипание расплава и взрывообразное окисление первичных перегретых газов — водорода и углеводородов — до H_2O и CO_2 , которые и производят затем гидратацию первичного оливина, хлоритизацию и карбонатизацию породы. Поэтому именно в приповерхностной зоне кимберлиты представлены многостадийными автобрекчиями, т. е. здесь могли происходить серии непрерывных взрывов и микровзрывов, выбросы газовых струй и пропитывание всей раскаленной массы породы водяными парами и углекислотой.

Подобный процесс мог протекать при быстром подъеме кимберлитового расплава, небольшие порции которого должны были вызывать начало раскристаллизации уже на глубине до 10—15 км от поверхности (выделение оливина, пиропы и энстатита). Большинство кимберлитовых тел располагается в окраинных зонах древних платформ (Сибирской, Африканской, Бразильской, Северо-Американской), где мощность только осадочных пород чехла превышает 2 км, а кристаллического щокола составляет 30—40 км. Вследствие этого при охлаждении кимберлитового расплава в телах небольших размеров должна была начаться его кристаллизация уже на глубине. Естественно, что при кристаллизации столь маломощных и протяженных по вертикали тел должна происходить отгонка газовой фазы вверх, что приводило к концентрации флюидов исключительно в поверхностной зоне.

Вынос кимберлитами сохранившихся мантийных ксенолитов — «родственных включений» и практическое отсутствие изменений вмещающих пород вокруг кимберлитовых тел указывают на слабую реакционную активность кимберлитового расплава и содержащегося в нем флюида, а также на высокую скорость подъема этого расплава. Поднятие высокотемпературного оливинового мантийного расплава, богатого H_2 и C_nH_m , сопровождалось сериями взрывов, которые начались еще в глубинной зоне мантии, о чем свидетельствует появление округленных ксенолитов гранатовых перидотитов, шпинелевых и пироп-энстатит-хромдиопсидовых пород. Наиболее интенсивными взрывные явления были в приповерхностной зоне, где верхи кимберлитовых тел целиком сложены многостадийной автобрекцией. В виде обломков в ней встречаются как первичные неизменные, так и уже начело серпентинизированные породы. Это указывает на развитие взрывов не только при внедрении, но и после кристаллизации и автометасоматической переработки кимберлитов.

Геохимическая специфика кимберлитов достаточно хорошо выдержана. Однако в настоящее время при отсутствии четких критериев разделения типичных кимберлитов и кимберлитоподобных пород во всех работах, посвященных кимберлитам, учтены и данные химического анализа сходных с ними неалмазоносных пород, вследствие чего геохимическая индивидуальность типичных кимберлитов искажается и состав их широко варьирует [4].

При сравнении состава типичных алмазоносных кимберлитов из различных провинций мира оказывается, что он выдержан, однообразен и имеет ряд специфических черт. Нами ниже учтены литературные аналитические данные и приведены результаты собственных химических анализов только алмазоносных типичных кимберлитов из трубок Якутии, ЮАР и США (табл. 2).

Типичные кимберлиты независимо от степени их автометасоматического изменения постоянно обогащены MgO (22—26 %) при относительно небольших содержаниях FeO , Fe_2O_3 , CaO , резко пониженных концентрациях SiO_2 (до 40 %), P_2O_5 (до 2 %) и Al_2O_3 (до 4 %). Количество H_2O в них до 10 %, калий постоянно преобладает над натрием ($\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O} > 1$). В кимберлитах обычно отмечается высокое содержание элементов-примесей, типоморфных для ультрабазитов, — Ni , Cr , в меньшей степени — V , несколько более повышенное количество Ti , Ba , P , F , менее — Sr и TR по сравнению с альпинотипными гипербазитами (см. табл. 2) [4, 7].

Кимберлитоподобные породы. В большинстве сводных работ, посвященных кимберлитам, рассматриваемые породы также относятся к последним, часто без детального описания [1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12]. Однако такие породы широко развиты в карбонатитовых комплексах или вблизи них, выделяются под названием базальтовых, слюдяных, карбонатитовых кимберлитов, кимберлит-карбонатитов, эксплозивных карбонатитов, пикритов, дамкьернитов, пикрит-кимберлитов [2, 3, 4, 10, 11, 12, 13, 14]. При этом важнейшие черты сходства всех перечисленных пород и кимберлитов следующие: те и другие образуют трубки взрыва; имеют

брекчиевое строение и содержат ксенолиты глубинных или окружающих пород, в их основной цементирующей массе присутствует или преобладает оливин; в обоих случаях развития вторичная карбонатизация.

Такие породы внешне часто сходны с кимберлитами, но в отличие от них никогда не содержат алмазов, пиропы и пикроильменита. Наиболее характерно для кимберлитоподобных эруптивных брекчий их постоянное прямое пространственное, генетическое и геохимическое родство с карбонатитами. Кимберлитоподобные породы образуют серии даек и трубок взрыва в карбонатитовых массивах Колыского полуострова, Сибири, Скандинавии, Америки и Африки или образуют частые серии близости от этих массивов.

На Колыском полуострове эруптивные брекчий известны во многих массивах. В Ковдорском массиве две овальные трубки взрыва, имевшие первоначально размер до 70 и 120 м в поперечнике, прорывают шток магнетит-форстеритовых пород, интенсивно кальцитизированы и пересечены жилами ранних карбонатитов [7]. Мелкие линейные кимберлитоподобные дайки мощностью до 2,5 м широко развиты внутри этого штока и вокруг него среди фенитов, ийолитов или в оливинитах ядра массива. В Себлявском, Песочном, Африкандском, Салмагорском и Туринском массивах редкие линейные дайки мощностью до 2,5 м и овальные трубки взрыва до 5 м в поперечнике прорывают пироксениты, ийолиты и фениты.

У восточного фланга массива Озерная варака насчитываются десятки таких даек (мощность до 2 м) среди фенитов и гнейсов, а в 200 м к востоку от массива располагается меридиональное линейное тело брекчий размером 200×70 м. Почти все дайки содержат более 70 % ксенолитов окружающих фенитов и гнейсо-гранитов.

У юго-восточной оконечности массива Вуориярви линейные дайки и трубки взрыва мощностью 0,1—8 м пересекают пироксениты и фениты, а на участке Петиян-вара пироксениты на площади 10×300 м превращены в гигантскоблочную брекцию, сцементированную крупнозернистыми флогопитовыми пикритами [7, 8, 9]. В Новополтавском массиве Приазовья редкие овальные (в плане) трубки взрыва с зернистым кальцитовым цементом и мелкими округлыми обломками начело флогопитизированных фенитов встречаются в центральной части. Мелкие дайки дамкьернитов известны в Озерном массиве и Сетте-Дабане. Чрезвычайно большое количество даек изучено в массивах Северной Сибири [2, 5].

Многочисленные дайки и трубки известны в карбонатитовых комплексах Восточного Саяна. В Жидойском и Верхнесаянском массивах отмечаются единичные дайки дамкьернитов и авгититов, в Тагинском массиве — частые, но маломощные (0,1—1,5 м) дайки авгититов, мелилититов и дамкьернитов. Особенно много даек и трубок присутствует в наиболее крупном Нижнесаянском массиве, где они имеют разнообразный состав [7, 8]. Десятки аналогичных даек описаны в массивах Альне (Швеция), Фен (Норвегия), Кайзерштуль (ФРГ), Паудерхорн (США), Ханнешин (ДРА), Торор,

Тороро, Квараха и многих других африканских массивов.

Еще более широко тела эруптивных брекчий распространены вдоль тектонических зон, контролирующих распределение карбонатитовых массивов на Колыском полуострове. Серии мелких даек и овальных (в плане) трубок взрыва мощностью до 2 м известны к югу от Ковдорского массива (до 2 км). К югу от массива Вуориярви находится субширотная зона даек, протягивающаяся от каньона оз. Нисса-ярви и ущелья Пюхя-Куру по каньону р. Кутсалини располагается поле горы Небло, еще далее к востоку развиты дайковые серии в северном борту Кандалакшского залива [2, 7], а на восточном окончании зоны — эруптивные трубки островов Еловый и Турый мыс. Общая протяженность этой зоны свыше 150 км.

Хабозерская группа массивов в южной части Колыского полуострова, образующая широтную цепочку, также сопровождается трубками эруптивной брекчий и дайками, развитыми не только вблизи массивов. От крайнего западного массива Африканда мелкие трубки и дайки прослежены нами далее на запад до р. Нивы (около 15 км) [7, 9]. Многочисленные мелкие дайки обнаружены и к востоку от наиболее восточного в данной группе массива Лесная варака на протяжении еще 15 км.

Саянские массивы в Южной Сибири также сопровождаются сериями трубок взрыва, весьма многочисленных в наиболее крупном для этого региона Нижнесаянском массиве, от которого они почти непрерывно прослеживаются на запад до Тагинского массива. К северо-западу от Верхнесаянского массива дайки развиты на расстоянии до 6 км, а к юго-востоку — почти на 25 км вдоль разломов саянского (северо-западного) направления.

В Рейнском грабене еще В. Бранко в конце прошлого столетия описал 125 «эмбриональных вулканов» — трубок взрыва и жерл [7]. Многочисленные серии даек и трубок известны в Монтриджийской провинции Канады, в узле пересечения древней рифтовой системы Великих озер — р. Святого Лаврентия мезозойскими разломами северо-западного простирания. На юге США (штаты Миссури, Аризона, Монтана и Колорадо) вдоль юго-западной и южной границ Северо-Американской платформы также располагаются рои даек и трубок взрыва. Только в бассейне р. Миссури обнаружено более 70 таких трубок [16].

В Сибири на Чадобецком поднятии, к северу от р. Ангара, известно самостоятельное поле трубок взрыва до 100 м в поперечнике и даек, располагающихся в пределах куполообразного поднятия, под которым, возможно, залегает крупный карбонатитовый комплекс. Аналогичное поле обнаружено и в бассейне р. Куонапки, у юго-восточного угла Анабарского щита, где насчитываются десятки трубок взрыва [11, 13]. Чрезвычайно многочисленные также трубки взрыва и в Маймеча-Котуйской провинции на севере Сибири [5].

В протяженной Восточно-Африканской рифтовой системе присутствуют тысячи кимберлитоподобных трубок взрыва и молодых жерл. В области Натрон—Энгараука, в окрестностях вулкана Ол-Доиньо-Ленгаи их обнаружено свыше 50, в районе Форт-Портал — более 40,

Таблица 2

Химический состав щелочных кимберлитоподобных пород и кимберлитов (%) и содержание в них элементов-примесей (г/т)

Порода	Массив, поле	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O	CO ₂	Сумма	Nb	Zr	Sr	Ba	TR	V	Ni	Cr
1	Пикрит монгчел-литовый	31,80	4,11	5,67	6,43	7,88	0,30	21,55	12,81	1,38	1,86	2,65	0,74	99,60	102	290	5600	3700	170	153	620	940
2	То же	29,55	3,69	4,49	7,22	7,39	0,22	24,84	13,74	0,31	1,41	2,74	0,68	99,98	72	106	6160	3980	110	129	500	780
3	Пикрит оливиновый	32,07	3,45	6,46	7,58	8,12	0,44	21,40	10,46	1,80	1,99	2,52	0,95	99,42	94	183	2850	3160	260	178	790	1230
4	То же	33,51	3,98	5,72	6,18	9,27	0,30	21,44	9,15	1,02	1,77	1,92	1,56	99,64	76	61	3780	3480	235	190	900	1310
5	»	34,85	3,09	5,42	7,21	8,32	0,20	23,56	9,44	0,46	1,12	2,60	1,06	99,73	102	79	3970	4120	130	225	740	960
6	»	35,27	2,34	4,70	7,79	8,14	0,30	28,74	10,11	0,75	1,92	3,40	0,80	99,100,18	78	96	3170	3260	160	217	700	860
7	»	36,02	2,81	5,13	7,48	6,96	0,26	25,80	9,33	1,64	2,28	0,91	1,24	99,100,61	111	174	3420	2750	370	192	530	1360
8	»	36,55	2,25	5,60	9,27	5,16	0,27	27,09	7,85	0,89	1,33	3,31	—	99,57	76	232	2570	2510	209	160	280	160
9	Пикрит пироксеновый	38,40	3,36	6,11	7,68	8,45	0,28	20,97	10,31	2,88	1,19	3,84	—	99,81	61	81	1620	1112	120	134	245	140
10	Авгитит, лимбургит	33,52	2,34	4,48	9,11	8,10	0,22	22,51	14,11	2,67	0,87	0,42	1,07	99,42	54	273	2215	1620	68	96	210	110
11	То же	29,00	3,01	5,04	6,81	5,99	0,13	23,92	10,00	0,20	0,92	6,80	0,49	99,60	68	86	2480	3030	56	84	260	100
12	Альенит	34,80	3,02	12,14	7,56	4,71	0,20	8,51	12,90	5,18	2,08	6,39	0,52	99,89	61	159	2790	2850	98	136	240	80
13	То же	35,23	3,11	8,36	8,33	3,21	0,16	9,25	13,17	2,90	1,77	7,11	0,43	99,03	51	31	2760	2380	85	112	170	90
14	»	35,64	3,58	12,72	7,40	3,89	0,23	8,95	13,21	4,46	3,11	2,08	1,20	99,100,03	16	52	1970	2630	72	88	220	100
15	Меллитит	37,15	3,61	7,74	9,43	5,11	0,24	12,50	14,05	2,10	1,76	1,26	0,55	99,89	82	234	1235	1087	168	136	83	170
16	То же	37,70	1,72	8,21	9,01	4,94	0,17	15,49	13,98	2,15	1,76	1,95	0,25	99,77	77	275	1130	1000	340	167	75	140
17	»	38,28	2,12	9,82	13,88	2,70	0,30	10,13	13,63	3,64	1,02	1,95	0,25	99,100,19	86	178	1450	1210	275	150	120	150
18	Меланефелинит	42,52	2,39	12,85	5,64	8,33	0,26	6,14	10,31	4,27	2,03	2,11	0,39	99,100,48	122	269	1160	1070	295	215	120	175
19	То же	41,23	1,98	13,28	5,18	8,24	0,32	6,56	15,89	4,88	1,63	0,33	0,41	99,93	86	245	1250	865	124	167	20	14
20	Нефелинит кальцитовый	40,32	1,43	11,84	4,92	6,78	0,22	6,12	18,20	4,11	0,98	0,40	0,68	99,100,38	94	268	1860	1120	256	67	35	24
21	Туркий мис	40,15	2,14	14,85	4,48	8,75	0,38	8,31	11,43	4,98	0,83	0,63	0,82	99,100,18	135	270	1450	840	110	53	20	18
22	Хананг	44,20	2,11	13,21	4,35	6,48	0,28	6,07	12,75	5,11	1,79	0,80	0,62	99,97	280	410	2430	1510	290	179	62	142
23	То же	33,30	1,81	8,20	5,75	3,74	0,23	6,54	17,48	0,50	2,10	11,00	0,24	99,100,14	410	450	3640	4130	800	170	70	165
24	Кваракса	41,14	2,05	10,35	6,19	4,17	0,21	9,09	12,02	1,50	1,80	7,06	0,38	99,100,18	320	400	3250	4130	410	220	90	170
25	Ненюкса	41,21	2,17	6,98	5,71	4,46	0,25	10,62	16,10	1,18	1,78	4,17	0,40	99,100,18	80	126	2680	2180	280	150	110	40
26	Ковдор	11,32	0,70	2,11	4,90	2,63	0,12	8,48	36,50	0,87	1,01	0,22	2,10	99,03	190	80	5500	8400	1700	70	210	20
27	Вуориярви	14,60	0,81	2,46	4,05	3,83	0,14	10,10	32,11	0,99	1,19	0,30	2,14	99,67	260	80	6100	4600	1600	80	200	60
28	Себель-Явр	18,21	1,60	2,35	6,09	4,86	0,16	11,05	30,88	0,70	0,87	0,41	2,15	99,93	180	160	2700	3200	1000	90	170	30
29	Верхнеселенский	16,00	0,31	1,35	2,90	2,14	0,16	12,81	35,46	1,02	0,85	0,53	1,63	99,66	175	70	6200	4900	1700	70	210	20
30	Нижнеселенский	27,96	2,42	6,50	5,11	4,09	0,11	10,38	19,54	0,70	3,30	1,06	2,18	99,72	210	140	3400	2200	1600	210	150	25
31	Чадобецкое	19,52	0,58	1,18	3,77	3,20	0,21	8,54	33,71	0,40	0,68	1,82	1,20	99,40	280	210	2300	1650	1000	120	280	110
32	Куонапское	10,23	0,19	1,35	3,44	2,71	0,19	9,23	39,50	0,34	0,87	1,44	1,48	99,49	210	210	2100	1800	1100	220	310	160
33	Фен [14]	36,52	2,68	13,15	9,29	7,82	—	13,64	6,57	2,05	4,48	0,93	2,04	99,100,00	110	90	4000	3400	1220	210	170	320
34	Альне	22,23	2,01	6,52	5,70	4,95	0,09	9,33	27,42	0,27	3,05	1,21	1,80	99,100,54	170	90	2500	3200	800	110	190	230
35	Туркий мис	38,30	0,49	8,50	7,13	5,39	0,09	11,57	16,80	1,86	1,40	2,58	0,61	99,89	110	170	2820	2720	700	70	120	140
36	Якутия [1]	32,95	1,36	3,02	3,80	3,11	0,05	23,06	12,78	0,26	0,49	4,85	0,94	99,47	—	—	—	—	—	—	—	870
37	То же	36,61	0,94	2,91	5,09	2,08	0,08	26,84	8,89	—	0,65	6,65	0,24	99,100,02	—	—	—	—	—	—	—	870
38	»	33,47	1,63	3,20	4,63	3,66	0,08	29,51	7,68	—	0,88	1,61	0,21	99,57	—	—	—	—	—	—	—	682
39	»	33,21	1,46	3,54	3,40	2,76	0,09	26,73	9,95	0,27	0,36	4,10	0,49	99,10	—	—	—	—	—	—	—	1310
40	»	30,27	1,74	0,81	14,14	0,39	0,23	30,02	7,67	0,05	0,58	1,16	0,76	99,100,27	—	—	—	—	—	—	—	870
41	»	32,15	1,72	0,96	6,55	0,78	0,11	26,42	8,51	0,31	0,45	11,40	0,64	99,63	11	56	230	890	35	350	1410	1280
42	»	26,85	1,40	2,34	4,77	2,34	0,12	22,82	17,37	0,24	1,35	7,75	0,16	99,96	—	—	—	—	—	—	—	1210
43	»	29,56	2,30	5,91	9,36	1,76	0,12	23,01	10,11	0,46	0,56	9,60	—	99,100,05	—	—	—	—	—	—	—	810
44	»	30,41	1,78	0,94	5,80	1,60	0,12	26,11	12,33	0,28	0,41	11,09	0,52	99,100,00	4	110	560	870	28	176	145	1300
45	»	27,62	1,42	3,39	5,34	1,73	0,09	25,58	13,64	0,32	0,34	1,28	0,40	99,100,41	2	156	870	920	—	240	1480	1140

Примечание. Анализы по данным автора произведены в лабораториях ИМГРЭ (аналитики В. А. Класен и П. И. Ферштаттер) и МГРИ (аналитики Т. Е. Бывкова и Л. В. Малахова). Ан. 3 — среднее из трех, анализы 17, 18 и 21 — среднее из четырех, ан. 35 — среднее из 137 для Даддино-Алангской провинции, ан. 35 — среднее

в поле Вирунга — свыше 400, в поле Буньяругур — более 100, вдоль отдельных линейных разломов Чулу, Хурри, Марсабит — многие десятки [3]. Трубки и жерла весьма многочисленны в окрестностях вулканов Килиманджаро, Хананг, Квараха, Керимаси, Високе в Африке.

Проведенное нами детальное изучение во многих карбонатитовых массивах серий кимберлитоподобных трубок взрыва показало, что среди них четко выделяются три возрастные группы, представленные породами различного состава: 1) докамафоритовые, 2) докарбонатитовые и 3) интракарбонатитовые [7, 8, 9]. Породы первой группы в карбонатитовых комплексах образуются после всех ультрабазитов и щелочных пород — турьянитов, ийолитов, нефелиновых сиенитов и содержат в основной массе преимущественно нефелин, меллит или канкринит. Среди этих пород преобладают нефелиниты и альнеиты, реже встречаются фонолиты, лейцититы, базаниты и оливин-меллит-нефелиновые разновидности (см. табл. 1) [8].

Породы второй группы приурочены к узкому временному интервалу: они формировались после магнетит-форстеритовых пород (камафоритов), но до карбонатитов. Трубки и дайки второй группы развиты наиболее широко во всех массивах, резко преобладая количественно над породами первой и третьей групп; ими сложены наиболее крупные тела. Именно они обнаруживают наибольшее сходство с кимберлитами. Состав пород второй группы исключительно выдержанный: это преимущественно пикриты (оливиновые с флогопитом, монтицеллитовые или пироксеновые), авгититы и лимбургиты с биотитом, приближающиеся к ультрабазитам (см. табл. 1).

Породы третьей группы — дамкьерниты — образуются еще в более узком временном интервале — после ранних, но до поздних карбонатитов [8]. Во многих массивах установлено появление этих пород после развития в ранних карбонатитах автометасоматической доломитизации — рихтеритизации. Дамкьерниты имеют наиболее стабильный состав основной массы — кальцит (60—90 %) и флогопит (до 30 %). По составу они отвечают ранним карбонатитам, являясь, вероятно, их дайковыми аналогами.

По облику и строению рассматриваемые породы чрезвычайно сходны с кимберлитами, но в отличие от них не образуют автобрекчий. Обычно дамкьерниты плотные темные, брекчиевой текстуры. Ксенолиты представлены в них четырьмя типами — «родственными включениями», ультрабазитами и ийолитами, вмещающими породами, породами мантии и карбонатитами (только в дамкьернитах). Количественные соотношения между ксенолитами различного типа широко варьируют.

В Ковдорском массиве из двух соседних трубок, прорывающих магнетит-форстеритовые породы, одна содержит редкие мелкие (до 5 см) ксенолиты ийолитов, а другая — свыше 80 % (по объему) шаровидных ксенолитов черных крупнокристаллических оливинитов (рис. 1, а). В массиве Вуориярви гигантско-крупная пикритовая брекчия, прорывающая пироксениты, включает более 90 % (по объему) остроугольных обломков последних (размером

до 10×20×10 м) и редкие шаровидные ксенолиты ийолитов (до 5 см).

На Турьем мысе отдельные пикритовые трубки включают до 80 % округленных обломков мельтейгитов и крупных кристаллов титаномагнетита (до 5 см), а другие, располагающиеся поблизости, 20—25 % обломков окружающих песчаников и глубинных гранитов, фенитов и гнейсов (см. рис. 1, б). В телах брекчий у массива Озерная варака преобладают обломки окружающих лейкократовых крупнокристаллических и глубинных мелкозернистых гранитов (см. рис. 1, в). В Нижнесаянском массиве трубки пикритов содержат редкие округленные ксенолиты глубинных мелкозернистых мельтейгитов и пироксенитов, а трубки дамкьернитов, прорывающие шток карбонатитов, часто обладают четким полосчатым строением: в них чередуются полосы чистого дамкьернитового карбонатного материала и полосы, содержащие до 80 % по объему остроугольных обломков карбонатитов (см. рис. 1, г).

На Чадобецком поднятии в Северном Приангарье трубки взрыва включают угловатые ксенолиты окружающих песчаников, редкие округленные обломки глубинных карбонатитов и пироксенитов. В жерлах области Натрон—Энгаука в Африке и в районе Форт-Портал, где они прорывают граниты и гнейсы, содержится от 20 до 60 % угловатых обломков окружающих пород и присутствуют более редкие ксенолиты «родственных» оливинитов, пироксенитов, карбонатитов, а также единичные округленные обломки мантийных гранатовых перидотитов, эклогитов и оливин-шпинелевых пород. Такие же ксенолиты обнаружены и в молодых лавах вулканов Керимаси, Ол-Доиньо-Ленгаи и Казекере в Африке.

Мантийные ксенолиты в кимберлитоподобных трубках редки. Однако уже в трубках Турьего мыса нами встречены единичные мелкие (1—3 см) ксенолиты мантийных хромдиопсид-оливиновых и оливин-плагноклазовых, а в трубках Озерной вараки — энстатит-гранатовых пород. В массиве Фен Т. Бартом и И. Рамбергом описаны дамкьерниты, содержащие до 15 % мелких обломков энстатитовых пород [10].

Появление глубинных ксенолитов неоспоримо свидетельствует о транспортировке их снизу. Вынос ксенолитов «родственных» пироксенитов, оливинитов, ийолитов и карбонатитов мог происходить с глубины до 5 км, а вынос мантийных ксенолитов на Балтийском, Африканском или Алданском штахтах с гранитной корой мощностью свыше 30 км осуществлялся с еще большей глубины. Из рассмотренных выше трех возрастных групп даек и трубок в трубках первой группы присутствуют в основном ксенолиты окружающих или вынесенных с небольшой глубины пород, в трубках второй — глубинные ксенолиты «родственных» ультрабазитов, в трубках третьей — ксенолиты карбонатитов. Мантийные ксенолиты содержатся преимущественно в трубках первой и третьей групп.

В рассматриваемых эруптивных брекчиях ксенолиты почти не изменяются, за исключением ксенолитов меллитовых и нефелинсо-держащих пород. В трубках Ковдорского, Вуориярвинского и Нижнесаянского массивов

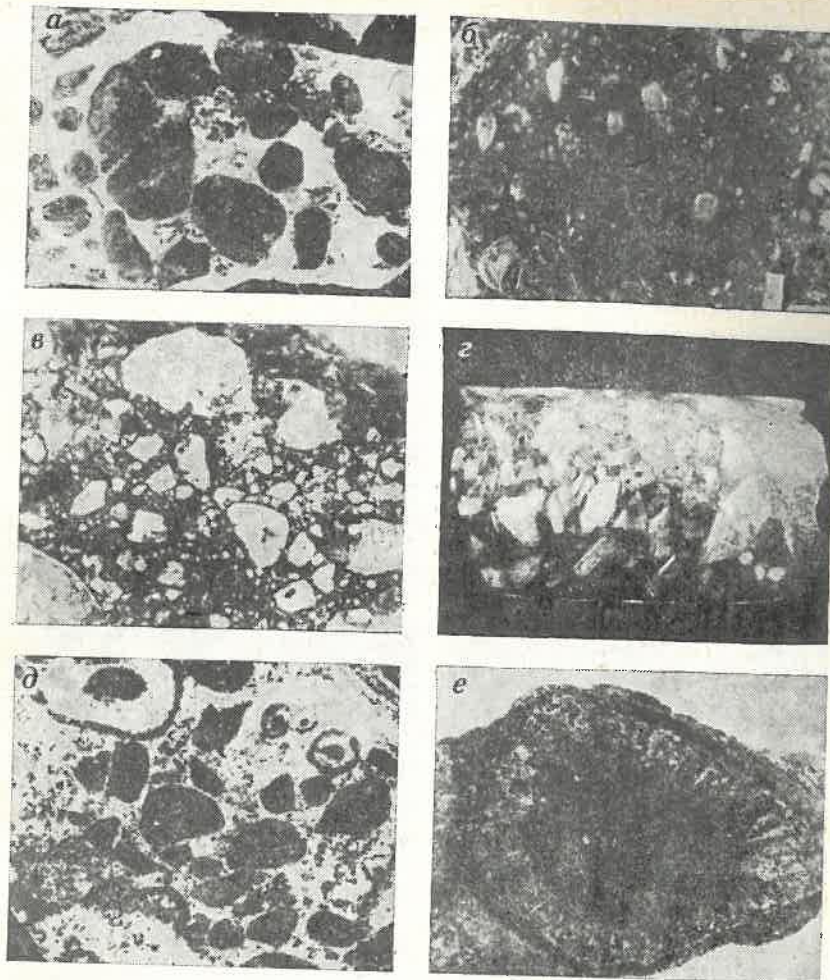


Рис. 1. Строение эруптивных брекчий кимберлитоподобных пород (фото образцов)

а — округлые обломки черных крупнокристаллических оливинитов в пирите (Ковдорский массив); б — угловатые обломки песчаников и глубинных гранитов в пирите (Турый мыс); в — обломки глубинных мелкозернистых гранитов в брекчии, обогащенной кластогенным веществом (Озерная варака); г — дамкьернит с угловатыми обломками карбонатитов

(Нижнесаянский массив); д — эруптивная брекчия с округлыми ксенолитами пироксенитов и интенсивно измененных глубинных ийолитов, окружающих каймой реакционного рихтерит-тетраферрифлогопит-кальцитового агрегата (Вуориярви); е — ксенолит ийолитов (темное), окруженный зональным реакционным агрегатом с внутренней слюдяной и внешней кальцит-рихтеритовой зонами (Ковдорский массив); а, б, д — крупные глыбы, в, г, е — штуфы

ксенолиты глубинных ийолитов и нефелиновых фенитов окружены зональными реакционными оторочками шириной 0,5—3 см с внутренними канкринитовыми и внешними тетраферрифлогопит-рихтерит-кальцитовыми зонами (см. рис. 1, д). Часто эти оторочки ритмично концентрически-зональны, слюда в них постоянно тяготеет к внутренним, а рихтерит — к внешним частям зон.

Состав цементирующей массы в кимберлитоподобных трубках разнообразен, но в каждой из возрастных групп относительно стабилен. В докарбонатитовых трубках она содержит нефелин или меллит (20—60 %). Это мелкозернистые ийолит-мельтейгиты или нефелиниты с оливином, иногда с биотитом и шорломитом (массивы Ковдор, Вуориярви, Озерная варака, Гулинский, Одихинча, Томтор) массивной или порфировой структуры. Породы трубок часто включают также меллит, каль-

цит и фенокристаллы керсутита (см. табл. 1). В виде вкрапленников в них присутствуют оливин, керсутит, биотит, шорломит, флогопит, нефелин или кальцит, реже пироксен (рис. 2, а, б) [7]. К этой же группе принадлежат меллититы, альнеиты и меллитовые нефелиниты (массивы Альне, Фен, Паудерхорн, Тагинский, Турьинский, Гулинский, Напак, Хома) [13, 15]. Типичные альнеиты средние и крупнозернистые, сложены агрегатом меллита и флогопита с примесью авгита, нефелина и кальцита, массивные или порфировидные, в виде вкрапленников в них встречаются керсутит и флогопит, реже — оливин или гаюин (Турый мыс и жерла Восточной Африки). В вулканических жерлах эти породы содержат свежее стекло.

К данной группе относятся и разнообразные фонолиты или нефелинит-фонолиты, обычно весьма мелкозернистые, часто со стеклом в

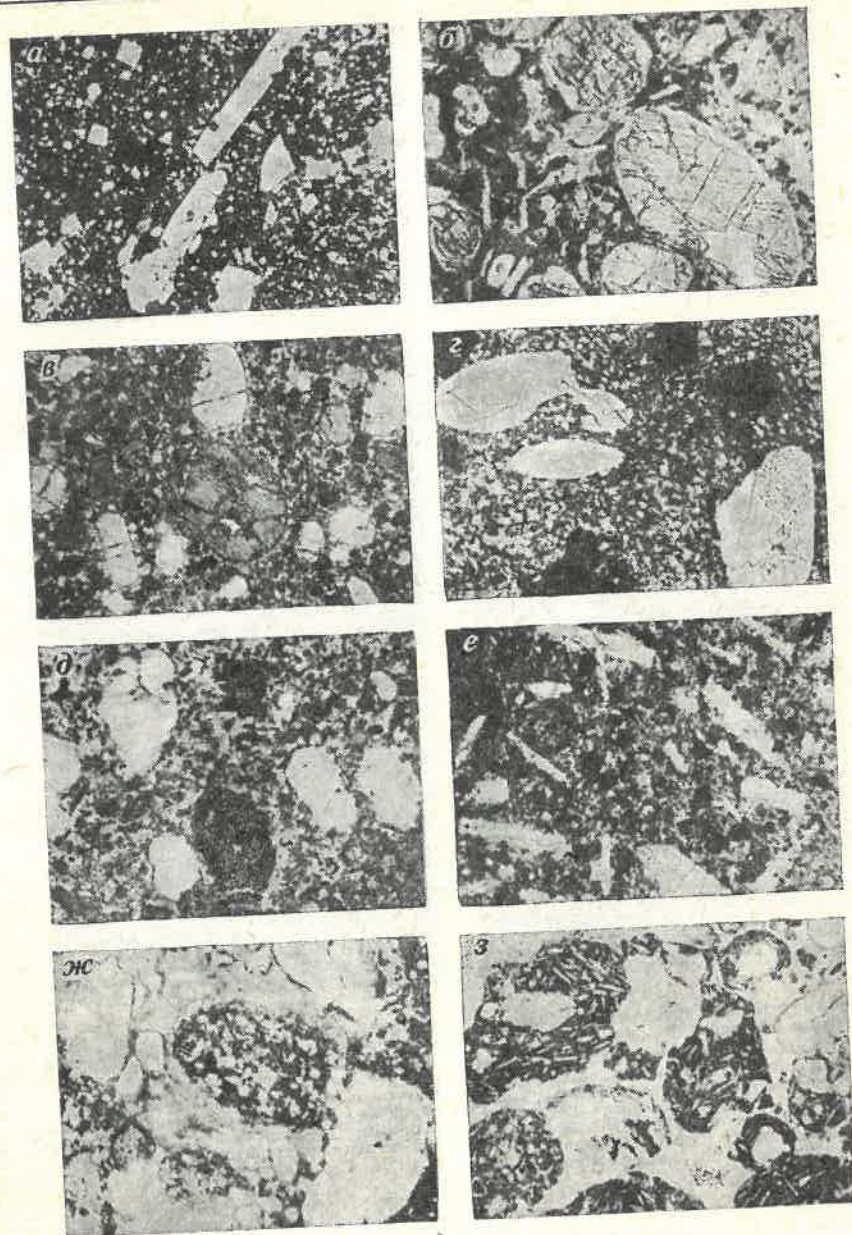


Рис. 2. Структура основной массы кимберлитоподобных пород (фото шлифов, без анализ.)

а — порфировидный нефелинит с вкрапленниками ортоклаза (серое) и нефелина (белое), ув. 50 (Ковдорский массив); б — пикрит с вкрапленниками оливины и пироксена, ув. 50 (Турий мыс); в — монтчеллитовый пикрит с вкрапленниками оливины, окцеллитовыми каймами мелких зерен монтчеллита ружеными (светлые точки), ув. 50 (бассейн р. Куонапки); г — (светлые точки), ув. 50 (бассейн р. Куонапки); д — флогопит с вкрапленниками альбита (светлое) и керсута (темное), ув. 50 (Ковдорский массив); е —

основной массе (жерла Африки). Сложены они агрегатом пироксена, нефелина, биотита и микроклинита с частыми вкрапленниками или феностатитами керсута, альбита, биотита, кальцита и зональных кристаллов авгита (см. рис. 2, в, г), в мезостазисе присутствует кальцит.

дамкьернит с вкрапленниками кальцита (светлое) и шорломита (темное), ув. 50 (Ковдорский массив); ж — мелилитит с пластинчатыми кристаллами мелилита в кальцит-мелилитовой массе, ув. 75 (Турий мыс); з — глобулярные кальцитовые мелилиты-каплевидными обособлениями мелилита, обломками (черное) и микроритами мелилита, обломками (светлое) и микроритами пироксена (светлое) в полевых шпатах, кварца и пироксена (темное), ув. 50, (ж — мелкозернистый кальцитовый цемент, ув. 50, (ж — п-ов Ненокса, Архангельская область; з — вулкан Хананг в Танзании)

Породы второй группы имеют более постоянный состав. Это преимущественно оливиновые, пироксеновые или монтчеллитовые пикриты с постоянной примесью флогопита, титаномагнетита, керсута и перовскита. Пикриты представляют собой среднезернистый агрегат округлых зерен форстерита (FeO 3—

12 %) размером 0,5—10 мм (обычно 2—5 мм) массивной или порфировидной структуры, с вкрапленниками форстерита, флогопита, реже керсута, кальцита; обычно пылевидная вкрапленность мелких кристаллов титаномагнетита ($<0,05$ мм) и перовскита (0,1—1 мм).

Монтчеллитовые пикриты состоят из мелкозернистой массы монтчеллита, флогопита, титаномагнетита и перовскита с вкрапленниками форстерита или флогопита (Куонапское поле), реже флогопита и кальцита (см. рис. 2, д, массив Вуориярви). Породы постоянно свежие, оливин и монтчеллит в них не изменены, серпентин отсутствует. Августы и лимбургиты весьма мелкозернистые и сложены агрегатом мелких ($<0,2$ мм) шестоватых кристаллов авгит-диопсида с примесью зерен биотита, кальцита, керсута (массивы Ковдорский, Вуориярвинский и Нижнесаянский), иногда с примесью стекла (Африка). Обычно эти породы также свежие, гипидиоморфнозернистой структуры и лишь иногда содержат вкрапленники оливины (Тагнинский массив), биотита (массивы Салмагорский, Ковдорский, Одихинча) или кальцита (Нижнесаянский).

Породы третьей группы — дамкьерниты — отличаются наибольшей мелкозернистостью и стабильностью состава [8]. Они, как правило, черного цвета, часто почти афанитовые и представлены чрезвычайно мелкозернистым агрегатом зерен кальцита размером менее 0,01 мм. Кальцит составляет 70—95 % их основной массы присутствуют также флогопит или тетраферрифлогопит (0—15 %), магнетит (0,1—5 %), рихтерит (0—5 %), а также акцессорные апатиты, перовскит или пироксид и бадделит (в сумме 0,5 %). Реже эти породы сложены светлым кристаллическим кальцитом (Новополтавский массив), образующим «сводово»-пластинчатый или пластинчатый (массивы Нижнесаянский, Одихинча, Ковдорский, Рур, Трубка Великан в Куонапском поле) агрегат зерен размером 1—5 мм (см. рис. 2, е, ж). Породы содержат менее 10 % силикатов, имеют неравномерно порфировидную структуру с редкими вкрапленниками флогопита, кальцита и керсута размером до 7 мм (см. рис. 2, з).

В дамкьернитах, а иногда и в пикритах, залегающих среди осадочных пород (Куонапское и Чадобецкое поля, п-ов Ненокса), вероятно, представляющих собой верхи трубок взрыва, появляются вторичные минералы — доломит или кальцит, рихтерит, тетраферрифлогопит, хлорит. Отмечена слабая хлоритизация обломков амфиболитов, диабазов, полимиктовых песчаников или пелитизация и галлаузитизация обломков гранитов, гнейсов и сланцев. Возможно, в приповерхностных частях даек и трубок взрыва первоначально в основной массе присутствовало и силикатное стекло, затем полностью измененное.

Своеобразные силикатно-карбонатные породы глобулярного строения встречаются в трубках взрыва близости от Нижнесаянского и Тагнинского массивов, на Турьем мысе, п-ове Ненокса, в жерлах вулканов Квараха и Хананг в Африке. Они повсеместно сложены мелилитами, образующими округлые каплевидные или гроздевидные обособления — глобулы, сцементированные кристаллической кальцитовой массой. Глобулы мелилитов (5—15 мм в поперечнике) состоят из афанитовой, часто

стекловатой массы (30—50 %), с обильными квадратно-таблитчатыми кристаллами мелилита размером менее 0,02 мм (30 %) и обломками фенокристов авгита, реже флогопита или оливины (см. рис. 2). Сцементированы они кристаллическим кальцитом с обильными угловатыми обломками кристаллов авгита, флогопита, магнетита, оливины, а также кварца, полевых шпатов из окружающих пород.

Из-за обилия ксенолитов во всех типах трубок в основной массе слагающих их пород содержится примесь кластического материала. Количество его невелико в дайках и трубках массивов Африканда, Ковдор, Себь-Явр, Вуориярви и Тагнинского, включающих до 25 % (по объему) ксенолитов. Но в трубках Озерной вараки, Турьего мыса, Нижнесаянского массива и Чадобецкого поднятия, переполненных ксенолитами, количество кластогенного материала местами составляет более 50 % основной массы. В трубках, пересекающих песчаники и граниты (Озерная варака и Турий мыс), присутствует тончайшая примесь обломочных зерен кварца, а в трубках, пересекающих пироксениты (массивы Вуориярви и Африканда), — примесь обломков пироксена, титаномагнетита и перовскита. В дамкьернитах, прорывающих карбонатиты (саянские массивы) и переполненных ксенолитами последних, постоянно встречается тонкоперетертый кальцит. Некоторые из трубок Турьего мыса и вулканических полей Африки (Нагрон—Энгарука, Вирунга и Форт-Портал) содержат до 90 % обломков окружающих пород и имеют газовый характер, примесь перетертого и магматического материала в них составляет всего 10—30 %.

Таким образом, для рассмотренной серии эруптивных брекчий характерны многостадийные взрывные явления, присутствие мантийных (с глубины более 20 км), среднеглубинных «родственных» (с глубины более 1 км) ксенолитов и обломков окружающих пород. Глубинные ксенолиты постоянно округлены, а обломки вмещающих пород угловатые. Вероятно, первые оббиваются и окатываются при транспортировке, и чем она длительнее, тем более совершенную сферическую форму приобретают ксенолиты.

Образование взрывных эруптивных брекчий свидетельствует о высокой концентрации в первичном расплаве флюидной фазы. Крайне слабое изменение всех ксенолитов указывает на низкую агрессивность этих флюидов. Даже легко изменяющиеся оливин, мелилит и нефелин в этих породах постоянно свежие. Учитывая слабое изменение пород и ксенолитов, наличие в них кальцита и отсутствие или ничтожную примесь гидросиликатов, следует признать, что первичный флюид должен был иметь почти чисто углекислый состав и практически не содержать воды (CO и CO_2 ?).

Глубина первичных магматических очагов, из которых поступали порции расплава при внедрении трубок, вероятно, была неодинаковой. Вряд ли эти образования являются мантийными. Обычное отсутствие или редкость в них барофильных минералов (энстатита, шпинели, хромдиопсида, пироба, пикроильменита) и постоянное наличие абиссофобных кальцита, мелилита, монтчеллита, керсута, перовскита, рихтерита и шорломита или полевых

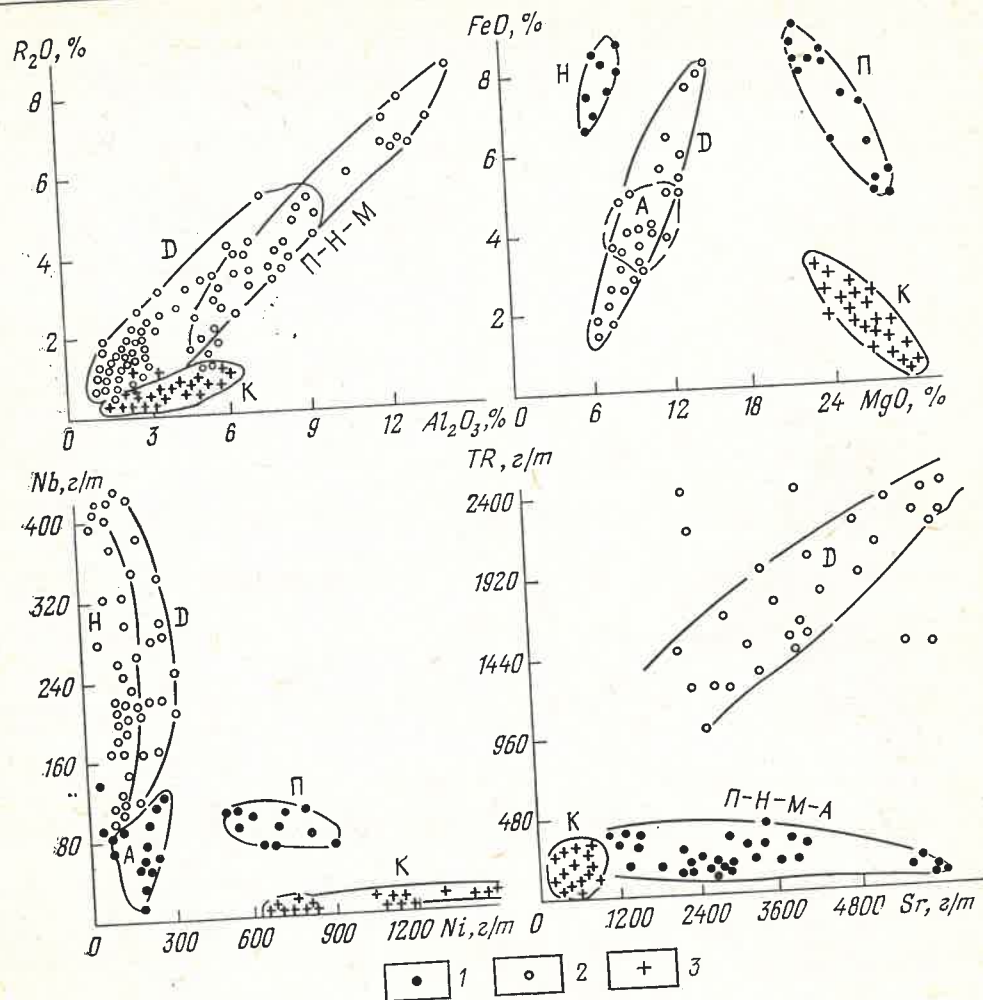


Рис. 3. Соотношения характерных пар компонентов в породах из трубок взрыва различного состава: 1 — ультраосновные—щелочные трубки; 2 — дамкьерниты; 3 — кимберлиты; К — поля кимберлитов; про-

типатов указывают на возникновение этих порций расплава в коровой зоне из промежуточных очагов, и лишь иногда — из подкоровой зоны (с выносом ксенолитов энстатит-хромдиопсид-оливиновых пород).

Химический состав кимберлитоподобных пород, как и минеральный, разнообразен. В них резко понижено содержание SiO_2 ($< 44\%$), имеющее минимальное значение в дамкьернитах (до 10% , см. табл. 2). Пикриты резко обогащены MgO ($20\text{--}27\%$); в других породах концентрация MgO понижается до $6\text{--}12\%$, но возрастает содержание CaO , достигающее максимума в дамкьернитах ($16\text{--}39\%$). В рассмотренных породах, кроме дамкьернитов, содержание Al_2O_3 менее 4% , R_2O менее 2% и CO_2 менее 2% (в дамкьернитах до 28%). При этом во всех породах H_2O превышает 3% лишь в редких случаях, при развитии цеолитизации или хлоритизации (в пикритах, альнеитах, глобулярных мелилититах, см. табл. 2). Суммарное содержание

породы, генетически связанные с карбонатитовыми комплексами: П — пикриты, А — альнеиты, Н — нефелиниты, Д — дамкьерниты, М — мелилититы

$\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ обычно $10\text{--}15\%$ при близком их отношении ($\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,5\text{--}2$), а отношение Na/K меняется, преобладает по натрию (в нефелиновых и мелилитовых породах), то калий (в флогопитовых пикритах).

Резкое различие в минеральном составе выделенных нами трех основных групп пород (пикритов, щелочных пород и дамкьернитов) (пикритов, щелочных пород и дамкьернитов) наглядно отражается и на их химическом составе: пикриты обогащены Mg , Fe , Ti и Ca , щелочные породы — Na , Al , K , Ti , а дамкьерниты — Ca и CO_2 . На двухкомпонентных диаграммах составы этих пород также хорошо различаются, образуя обособленные поля (рис. 3), хотя четко заметна их генетическая связь с постепенным изменением соотношений ведущих компонентов от пикритов к щелочным породам и дамкьернитам.

Сравнительная характеристика кимберлитов и кимберлитоподобных пород. Сравнение обеих групп рассмотренных пород позволяет обнаружить их резкое различие по основным

характеристикам. Частое отнесение к кимберлитам сходных с ними эруптивных брекич «карбонатитового семейства» обусловлено лишь их внешним сходством и обычной мелкозернистостью. Детальное изучение этих пород не проводилось. По минеральному и химическому составу с кимберлитами сходны лишь оливиновые пикриты, но и они отличаются постоянной свежестью, присутствием титаномagnetита, больших количеств флогопита, перовскита, первичного кальцита, часто — монтичеллита и авгит-диопсида, а также обогащением Sr , Ba , Zr и Nb .

Различия между рассматриваемыми двумя семействами пород обусловлены их формационно-петрологическими особенностями и проявляются в минеральном и химическом составе, степени изменения и составе ксенолитов, а также в соотношениях типоморфных элементов-примесей. Кимберлиты формально могут быть охарактеризованы как интенсивно серпентинизированные эруптивные оливинитовые автобрекчии с обломками глубинно-мантийных пород, хризолитом, пикроильменитом, энстатитом, пиропом, алмазом [7]. Количество обломков окружающих пород в них обычно невелико.

Кимберлитоподобные породы постоянно свежие, содержат ксенолиты окружающих пород, а также родственных им ийолитов, пироксенов, оливинитов, карбонатитов; мантийные ксенолиты в них редки. Во всех типах кимберлитоподобных брекич присутствуют первичный кальцит и породообразующие щелочные минералы — нефелин, мелилит, флогопит или биотит, эгирин-диопсид-авгит, рихтерит и тетраферрифлогопит. В качестве вторичных минералов развиваются рихтерит и тетраферрифлогопит, не встречающиеся в типичных кимберлитах. Окружающие породы и их ксенолиты в таких трубках подвергаются слабому щелочному метасоматозу — биотитизации, флогопитизации, рихтеритизации или альбитизации.

В целом для кимберлитов типично наличие барофильных породообразующих первичных минералов (пироп, алмаз, энстатит, пикроильменит) при отсутствии или резко подчиненной роли барофильных, а для кимберлитоподобных пород, наоборот, преобладание барофильных минералов (кальцита, монтичеллита, рихтерита, керсутита, мелилита) при отсутствии или незначительной роли барофильных. Постоянно проявлена гидратация первичных силикатов, вероятно, из-за окисления в приповерхностной зоне водорода, которым богат первичный кимберлитовый расплав. Кимберлитоподобные породы постоянно свежие, с ничтожным развитием вторичных процессов, первичный флюид в них, скорее, имеет углекислый состав при незначительной роли паров воды.

Резко различаются два рассматриваемые генетические семейства пород и по химическому составу. Кимберлиты характеризуются максимальным содержанием MgO и H_2O и минимальным — Al , Na и Ti при резком преобладании Fe_2O_3 над FeO ($\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO} = 2\text{--}5$). Кимберлитоподобные породы образуют непрерывный ряд от магнезиальных пикритов, относительно бедных натрием и кальцием, до обогащенных натрием нефелинитов и высококальциевых дамкьернитов (см. рис. 3).

Еще более резкое отличие этих семейств состоит в содержании редких элементов-примесей. Кимберлиты преимущественно обогащены никелем и хромом, а сходные с ними кимберлитоподобные породы карбонатитового семейства — Sr , Ba , Nb , Zr (см. табл. 2). Наиболее показательное резкое обогащение кимберлитоподобных пород стронцием, содержание которого (> 2000 г/т) в них более чем в пять раз выше, чем в кимберлитах (< 400 г/т).

Таким образом, в природе существуют два принципиально различных, но внешне сходных семейства ультраосновных и щелочно-ультраосновных эруптивных брекич — мантийные кимберлиты и малоглубинные ультраосновные — щелочные брекичи. Мантийные кимберлиты внедряются из глубинных мантийных очагов с расплавом дунитового состава, пересыщенным водородом и обогащенным Mg , Fe , Ni , Cr , Ti . Кимберлитоподобные породы образуются из промежуточных подкоровых или внутрикоровых мелких магматических очагов в ходе формирования и длительной дифференциации порций глубинно-мантийного расплава. Состав внедряющихся магматических порций меняется в ходе дифференциации от нефелин-мелилититового до пикритового, а затем и дамкьернитового. Все эти породы обогащены редкими металлами, типоморфными для пород карбонатитовых комплексов, — Sr , Ba , Nb , Zr при низких содержаниях Cr и Ni .

В заключение сформулируем основные выводы.

1. Ультраосновные эруптивные брекичи представляют собой гетерогенные образования, относящиеся к двум разнородным формационно-генетическим семействам — кимберлитовому и карбонатитовому. Оба семейства формируются из мантийных магматических глубинных источников, но пути их развития неодинаковы. Кимберлиты связаны с внедрением единой порции глубинной мантийной магмы, а кимберлитоподобные породы представлены серией образований, возникающих из дифференцирующегося в коровой зоне очага ультраосновной — щелочной мантийной магмы с закономерно меняющимся составом от щелочно-ультраосновного до карбонатного.

2. К типичным кимберлитам следует относить эруптивные брекичи, первичная основная масса которых состоит из оливина, интенсивно серпентинизированные и содержащие энстатит, пикроильменит, пироп, хромшпинелиды и ксенолиты родственных мантийных эклогитов, шпинелевых и гранатовых гипербазитов, энстатитовых и оливиновых пород. К неалмазным кимберлитоподобным породам карбонатитового семейства можно причислить эруптивные брекичи со слабоизмененной основной массой, сложенной свежими оливином, авгит-диопсидом или эгирин-диопсидом, биотитом, флогопитом, монтичеллитом, мелилитом, магнетитом или первичным кальцитом с вкраплениями (фенокристаллами) керсутита, флогопита, реже альбита и фельдшпатидов и примесью аксессуарных перовскита, пироксена, ильменита, бадделеита. Ксенолиты в этих породах представлены преимущественно оливинитами, пироксенидами (с перовскитом и титаномagnetитом), ийолитами, мелилититами и карбонатитами. При этом следует учитывать возможность присутствия в кимберлитах фло-

гопита, редких кристаллов первичного кальцита, диопсида и перовскита, а в кимберлитоподобных породах — редких кристаллов граната, энстатита, хромшпинелидов и иногда ксенолитов и эклогитов.

3. При определении формационной принадлежности и перспективности на алмазы эруптивных брекчий важным фактором должно быть изучение распределения в породах элементов-примесей. Проведенное нами исследование эруптивных брекчий ультраосновного состава позволило наметить четкий критерий их разделения. При содержании в основной массе эруптивной брекчий Ni и Cr свыше 1000 г/т, Sr и $Ba < 1000$ г/т, $Nb < 30$ г/т и $TR < 50$ г/т породы, скорее всего, являются типичными кимберлитами и могут быть алмазоносными, а при обратных соотношениях эти породы (кимберлитоподобные) относятся к карбонатитовому семейству и неалмазоносны. К таким образованиям не следует применять наименование «кимберлит».

4. При определении перспективной алмазоносности трубок эруптивных брекчий ультраосновного состава необходимо учитывать, что в настоящее время во всех сводных работах, посвященных кимберлитам, к ним отнесены и кимберлитоподобные породы карбонатитового семейства, вследствие чего минералого-геохимическая характеристика типичных кимберлитов резко искажается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алмазные месторождения Якутии/А. П. Бобривич, М. Н. Бондаренко, М. А. Гневушев и др. М.: Госгеолтехиздат, 1959.
2. Бородин Л. С., Лапин А. В., Пятенко И. К. Петрология и геохимия даек щелочно-ультраосновных пород и кимберлитов. М.: Наука, 1976.
3. Восточно-Африканская рифтовая система/В. В. Белоусов, В. И. Герасимовский, А. В. Горячев и др. Т. 1—3. М.: Наука, 1974.
4. Геохимия кимберлитов/И. Н. Илупин, Е. В. Францесон, Ф. В. Каминский и др. М.: Недра, 1984.

5. Жабин А. Г., Сурина Н. П. Петрология даек, силлов и трубок взрыва. М.: Наука, 1970.
6. Каледонский комплекс ультраосновных, щелочных пород и карбонатитов Кольского полуострова и Северной Карелии/А. А. Кухаренко, Э. А. Багдасаров, М. П. Орлова и др. Л.: Недра, 1965.
7. Капустин Ю. Л. Дайковая серия пикритов—альнеитов в ультраосновных—щелочных массивах.—Сов. геология, 1974, № 8, с. 43—59.
8. Капустин Ю. Л. Дамкьерниты — дайковые аналоги карбонатитов.—Бюл. МОИП. Отд. геол., 1980, т. 55, вып. 4, с. 74—84.
9. Капустин Ю. Л. Трубки взрыва в карбонатитовых комплексах.—Сов. геология, 1983, № 4, с. 102—114.
10. Карбонатиты/Ред. О. Ф. Таттл, Дж. Гиттинс, М.: Мир, 1969.
11. Кимберлитовые и карбонатитовые образования восточного и юго-восточного склонов Анабарской антеклизы/В. В. Ковальский, К. Н. Никишов, О. С. Егоров и др. М.: Наука, 1969.
12. Кимберлитовые породы и пикритовые порфиры северо-восточной части Сибирской платформы/В. А. Милашев, М. А. Крутойский, М. И. Рабкин и др. Л.: Недра, 1963. (Тр. НИИГА, т. 126).
13. Ковальский В. В. Кимберлитовые породы Якутии и основные принципы их петрогенетической классификации. М.: Изд-во АН СССР, 1963.
14. Brögger W. C. Die Eruptivgesteine des Kristianigebietes. Das Fengebiet in Telemark, Norwegen.—Vidensk. Skr. I Mat. Naturwiss. Kl., 1921, Bd. 4, no 9. S. 420.
15. Eckermann N. von. The Swedish kimberlites: and a comparison with South African and Russian rocks.—Advan. Front. Geol., Geophys., 1964, N 4, p. 65—73.
16. Snyder F. G., a. o. Cryptoexplosive structures in Missouri.—Missouri Geol. Surv. Rept. Invest., 1965, v. 30, p. 465—493.



ГЕОФИЗИКА И ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ

УДК 550.83 : 553.493 (5-925-16/21)

М. Н. МОЛОТКОВА (ВСЕГЕИ)

Прогнозные геофизические признаки редкометалльных месторождений Забайкалья и Центрального Казахстана

На рассматриваемой территории развиты редкометалльные месторождения, приуроченные к массивам гранитов. В Западном Забайкалье и Центральном Казахстане с гранитами связано

молибден-вольфрамовое, а в Восточном Забайкалье — олово-вольфрамовое оруденение.

Связь пространственного размещения редкометалльных гранитоидных ин-

трузий Забайкалья и Центрального Казахстана с геофизическими полями изучалась многими исследователями [3, 4, 6, 8, 9]. Отмечено, что площади распространения редкометалльного оруденения в этих регионах занимают различное положение относительно региональных аномалий силы тяжести. Редкометалльные массивы гранитов Центрального Казахстана располагаются в пределах Центрально-Казахстанского гравитационного минимума, Западного Забайкалья — в области постоянного возрастания поля силы тяжести с запада на восток, редкометалльный пояс Восточного Забайкалья — на площади Даурского и Восточно-Забайкальского минимумов и Агинского максимума поля силы тяжести. Более детальный анализ гравитационного поля показал, что гранитные массивы редкометалльных комплексов приурочены к площадям, которым соответствуют отрицательные аномалии силы тяжести второго порядка, а сами массивы выделяются локальными гравитационными минимумами [3, 4]. Однако четкой связи рудоносных массивов с гравитационным полем установлено не было.

Сопоставление характера пространственного размещения рудоносных гранитных массивов с особенностями гравитационного и магнитного полей дало возможность выявить определенную совокупность геофизических характеристик, которую можно рассматривать как комплекс прогнозных региональных и локальных геофизических признаков редкометалльного оруденения. Под региональными признаками рудоносности подразумевается связь редкометалльных гранитных массивов с аномалиями геофизических полей, вызванными крупными геоструктурными элементами. К локальным прогнозным геофизическим признакам отнесены те особенности гравитационного и магнитного полей, которые обусловлены непосредственно присутствием гранитных массивов. На основании полученных результатов к потенциально рудоносным могут быть отнесены лишь те массивы, для которых имеется весь комплекс прогнозных признаков.

Глубинное строение участков, на которых развиты массивы с редкоме-

талльным оруденением, определено по данным интерпретации геофизических профилей.

Региональные признаки рудоносных массивов следующие.

1. Повсеместная приуроченность к региональным гравитационным ступеням, представляющим собой линейные зоны повышенных горизонтальных градиентов поля силы тяжести и картирующим зоны разломов. При этом массивы, расположенные в складчатых системах, претерпевших активизацию (Западное и Восточное Забайкалье), контролируются региональными гравитационными ступенями первого порядка. Массивы гранитов, сформировавшиеся в заключительную стадию геосинклинального развития (герцинская область Центрального Казахстана), фиксируются гравитационными ступенями второго порядка. Для Восточного Забайкалья приуроченность к протяженным разломам оловянно-вольфрамовых месторождений отмечалась ранее [6].

Гравитационные ступени соответствуют границам блоков земной коры с различной историей развития и отделяют так называемые «жесткие» массивы от сопредельных подвижных структур. В Центральном Казахстане и Юго-Восточном Забайкалье примером таких массивов служат Жаман-Сарысуйский и Агинский срединные массивы, отмечающиеся повышенным уровнем гравитационного поля. Эти данные согласуются с представлениями Д. В. Рундквиста о дугообразно-поясовом размещении редкометалльных месторождений вокруг срединных массивов [7].

2. Расположение, судя по результатам анализа магнитных полей Центрального Казахстана и Забайкалья, в областях немагнитных пород, отмечаемых спокойным отрицательным полем, или на границе намагниченных образований, создающих региональные положительные магнитные аномалии. В Центральном Казахстане эти аномалии связаны с верхнепалеозойскими вулканогенными образованиями (Токрауский синклинорий). Можно предполагать, что и в Восточном Забайкалье они также создаются вулканогенными породами. Такая законо-

мерность наиболее четко проявляется в Восточном Забайкалье, где массивы с олово-вольфрамовым оруденением преимущественно немагнитны и не создают магнитных полей, а над вмещающими породами наблюдаются региональные слабые положительные магнитные аномалии.

В качестве локальных признаков рудоносных массивов можно рассматривать следующие.

1. Соответствие всем массивам гранитов редкометальных комплексов локальных минимумов поля силы тяжести. Эти аномалии обусловлены более низкой плотностью гранитов, типичной для пород аляскитового и лейкократового состава ($2,58-2,60 \text{ г/см}^3$), по сравнению с вмещающими породами, представленными обычно песчано-сланцевыми и вулканогенными толщами плотностью $2,66-2,70 \text{ г/см}^3$.

Для рудоносных массивов, в отличие от безрудных, характерно отношение площади их выходов на поверхность к площади локальных гравитационных минимумов не более 10—15%. Это указывает на связь редкометальных месторождений со слабоэродированными массивами или их куполами.

2. Наличие дифференцированных магнитных аномалий интенсивностью 200—500 нТл, вызванных массивами с молибден-вольфрамовым оруденением (Центральный Казахстан и Западное Забайкалье). Сложный характер магнитного поля объясняется тем, что рудоносные массивы имеют гетерогенный состав и представлены аляскитовыми и биотитовыми гранитами, пространственно совмещенными с гранитоидами ранних комплексов. Все эти породы различаются по магнитным свойствам. Намагниченность аляскитовых гранитов составляет 0,1—0,4, биотитовых 0,2—0,8 и гранодиоритов 0,8—3,0 А/м. Поэтому по интенсивности магнитного поля выделяются площади преимущественного развития различных гранитоидов. Аляскитовым гранитам, с которыми связано оруденение, соответствуют пониженные значения поля. Положительные аномалии наибольшей интенсивности создаются гранитоидами более древних комплексов, которые обязательно сопутствуют рудоносным массивам [1]. Биотитовым

гранитам соответствуют промежуточные по интенсивности значения магнитного поля.

Связь пространственного размещения рудоносных массивов гранитов с особенностями физических полей рассмотрим на примере олово-вольфрамовых и оловянных месторождений Восточного Забайкалья (рис. 1, а, б). Здесь в гравитационном поле выделяется ряд региональных ступеней поля силы тяжести, которые контролируют размещение позднеюрских редкометальных интрузий гранитов. Ступени I, III, IV соответствуют глубинным разломам, разделяющим структурно-формационные зоны. Гравитационная ступень II делит Агинскую структурно-формационную зону в меридиональном направлении на две части с различным характером поля силы тяжести: западной части — области устойчивого прогибания и интенсивного осадконакопления в триасе — соответствует гравитационный минимум, восточной — геосинклинальному поднятию, сложенному метаморфизованными осадочно-вулканогенными образованиями палеозойского возраста, — гравитационный максимум.

Геологическая природа ступени II может быть объяснена погружением фундамента амфиболитового состава (см. рис. 1, б). Для этого имеются следующие основания. Породы, обнажающиеся к западу и востоку от ступени II, по плотности в целом не отличаются. Меридиональное положение гравитационной ступени соответствует преобладающему простиранию архейских структур [2]. Обнажения архейских образований, представленных амфиболитами и амфиболитовыми сланцами, известны на востоке Агинской зоны [5]. Здесь кровля фундамента залегает на глубине около 1 км, к западу она погружается до 6 км. К области погружения фундамента приурочен ряд позднеюрских массивов гранитов — Дурулгуевский, Хангилай-Шилинский, Седловский (табл. 1). Эти данные хорошо согласуются с представлением Г. И. Менакера [3] об увеличении мощности «гранитно-осадочного слоя» до 6—7 км в районе развития редкометальных интрузий.

Сходное глубинное строение наблюдается в пределах гравитационной ступени III, расположенной на границе Агинской и Газимурской структурно-формационных зон (см. рис. 1, б). Наличие этой ступени также объясняется резким погружением пород фундамента амфиболитового состава. К востоку

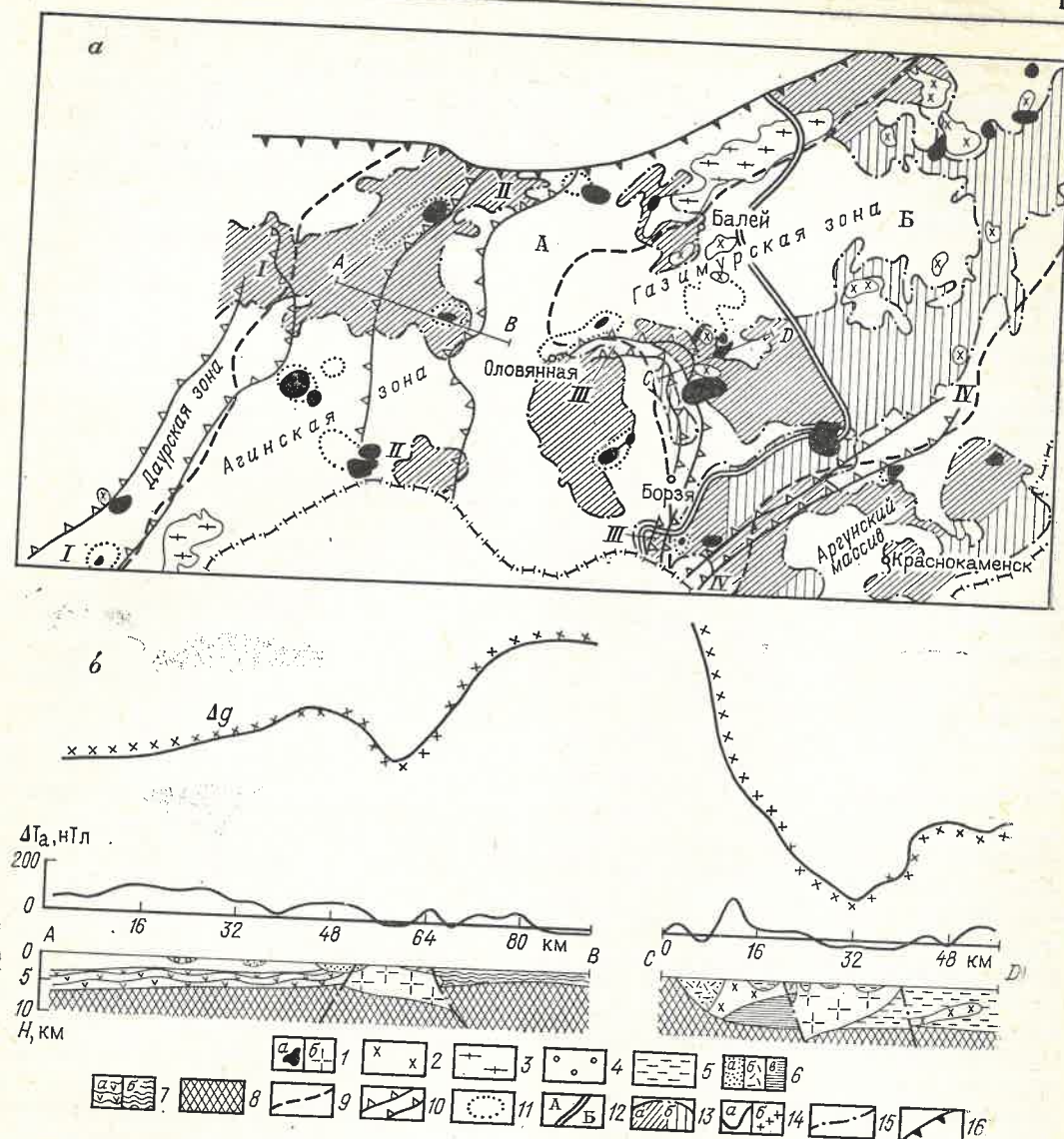


Рис. 1. Схема расположения юрских гранитоидных интрузий Восточного Забайкалья (а) и геолого-геофизические разрезы (б)
1 — лейкократовые и аляскитовые граниты позднеюрских комплексов ($\sigma=2,60 \text{ г/см}^3$); 2 — гранодиориты средне-позднеюрских комплексов ($\sigma=2,65 \text{ г/см}^3$, $J=0,2 \text{ А/м}$); 3 — гнейско-кайнозойские осадочно-вулканогенные образования юрского возраста ($\sigma=2,65-2,70 \text{ г/см}^3$); 4 — осадочные и осадочно-вулканогенные образования юрского возраста ($\sigma=2,65-2,70 \text{ г/см}^3$); 5 — преимущественно осадочные образования юрского возраста ($\sigma=2,65-2,70 \text{ г/см}^3$); 6 — осадочные и осадочно-вулканогенные образования юрского возраста ($\sigma=2,65-2,70 \text{ г/см}^3$); 7 — метаморфизованные осадочно-вулканогенные образования позднепротерозойского — кембрийского возраста ($\sigma=2,70 \text{ г/см}^3$); а — немагнитные, б — слабomag-

нитные ($J=0,15 \text{ А/м}$); 8 — докембрийский фундамент амфиболитового состава ($\sigma=2,85 \text{ г/см}^3$); 9 — глубинные разломы, разграничивающие структурно-формационные зоны; 10 — региональные гравитационные ступени первого порядка (зубцы направлены в сторону уменьшения поля силы тяжести) и их индексы (I—I—IV—IV); 11 — локальные гравитационные минимумы, связанные с массивами позднеюрских гранитов; 12 — граница областей с различным характером магнитного поля ΔI_a ; А — спокойного пониженного, Б — дифференцированного интенсивного; 13 — положительные аномалии магнитного поля. нТл: а — до 200, б — свыше 200; 14 — график физического поля (Δg): а — наблюдаемого, б — расчетного; 15 — разрывные нарушения на разрезах; 16 — Монголо-Охотский глубинный разлом; АВ и СД — линии разрезов

пони III, расположенной на границе Агинской и Газимурской структурно-формационных зон (см. рис. 1, б). Наличие этой ступени также объясняется резким погружением пород фундамента амфиболитового состава. К востоку

от ступени в области глубокого залегания фундамента на поверхность выходят осадочно-вулканогенные образования юрского возраста. Здесь на участках погружения фундамента расположен (см. табл. 1) целый ряд мас-

Таблица 1

Характеристика позднелюрских гранитных массивов Восточного Забайкалья

Название	Оловянное и оловянно-вольфрамовое оруденение		Приуроченность к региональным геофизическим аномалиям		Отношение площадей выходов массива и аномалий силы тяжести, %
	Масштаб	Формационный тип	гравитационной ступени	положительным магнитным аномалиям	
Хапчерангинский	Месторождение	Силикатно-сульфидный	I	Вне контура	1
Саханайский (Зун-Ундур)	То же	Кварцево-грейзеновый	I	То же	2
Дурулгуевский	»	То же	II	»	14
Хангилай-Шилинский	»	»	II	На границе	4
Оловянинский	»	»	III	То же	0,2
Шерловогорский	»	»	—	»	1
Олдандинский	Рудопроявление	Силикатно-сульфидный	III	»	4
Соктуйский	То же	Кварцево-грейзеновый	III	»	15
Харанорский	»	То же	IV	»	11
Седловский	Безрудный	—	II	Внутри контура	19
Тургинский	То же	—	III	То же	0,5
Кир-Кириинский	»	—	IV	На границе	40
Адун-Чолонский	»	—	—	То же	30

сивов — Оловянинский и массивы Кукульбейского рудного узла (Соктуйский, Олдандинский, Тургинский).

Отметим, что практически все изученные массивы Восточного Забайкалья находятся в области региональных гравитационных ступеней. Исключение составляет лишь Шерловогорский массив, отличающийся от других типом оруденения. Большинство исследованных месторождений и рудопроявлений принадлежит к кварцево-грейзеновой формации и связано с лейкократовыми гранитами: только Шерловогорский и Хапчерангинский массивы относятся к силикатно-сульфидным месторождениям олова, связанным с субвулканическими телами гранит-порфиров. Учитывая этот факт, можно считать, что предлагаемый комплекс признаков редкометального оруденения распространяется только на грейзеновые месторождения.

Все массивы позднелюрских гранитов, перспективных на редкометальное оруденение, фиксируются локальными гравитационными минимумами. В их пределах сосредоточено подавляющее большинство редкометальных месторождений [4]. Выходы гранитов на современную поверхность имеют раз-

личную площадь. Мелкие интрузивные тела обычно являются выступами кровли расположенных на глубине крупных массивов. Площадь этих массивов по контуру гравитационной аномалии составляет от 100 до 500 км² (см. рис. 1).

Отношение площадей обнажающихся на поверхности гранитов к контурам скрытых тел закономерно возрастает от долей процента до 40 % при переходе от рудоносных массивов к безрудным (см. табл. 1). Из табл. 1 следует, что редкометальные месторождения связаны со слабоэродированными массивами (Хапчерангинскими, Хангилай-Шилинскими) или отдельными куполами массивов (Зун-Ундурский купол Саханайского массива, Шерловогорский массив).

По характеру магнитного поля площадь Восточного Забайкалья разделяется на две крупные области (см. рис. 1). Западная область (А) независимо от принадлежности к структурно-формационным зонам (часть Даурской, Агинская, западная часть Газимурской) характеризуется в основном спокойным отрицательным магнитным полем интенсивностью 100—200 нТл. Именно в этой области преимущест-

венно сосредоточены позднелюрские массивы гранитов с редкометальным оруденением. Восточная область (Б) включает часть Газимурской зоны, которой соответствуют линейные дифференцированные аномалии северо-восточного направления, и Аргунскую зону с мозаичным знакопеременным полем. Эта область, где магнитные аномалии имеют высокую интенсивность, бесперспективна в отношении редкометального оруденения.

Остановимся подробнее на связи характеристик магнитного поля области А с размещением редкометальных массивов гранитов. Типичной особенностью магнитного поля этой области являются региональные слабые положительные аномалии интенсивностью 100—200 нТл на фоне спокойного отрицательного магнитного поля (см. рис. 1). К границам этих аномалий закономерно приурочено большинство массивов, с которыми связаны месторождения и рудопроявления олова и вольфрама, — Хангилай-Шилинский, Шерловогорский, Оловянинский, Олдандинский и др. Глубина до верхних и нижних кромок и намагниченность объектов, создающих рассматриваемые аномалии, составляют соответственно 1 и 5—6 км и 0,1 А/м. Эти региональные магнитные аномалии не коррелируются с аномалиями гравитационного поля и выделяются на участках как неглубокого залегания фундамента (восточная часть Агинской зоны), так и погруженного (ее западная часть). Геологическая природа указанных аномалий остается пока неясной. Можно лишь предполагать, что они вызваны слабомагнитными вулканическими образованиями, входящими в состав как фундамента, так и перекрывающих его палеозойских толщ. В районе Кукульбейского рудного узла эти аномалии могут быть связаны со слабомагнитными разностями гранитоидов позднелюрского возраста (см. рис. 1, б).

Ряд массивов, несущих редкометальное оруденение (Хапчерангинский, Саханайский и Дурулгуевский), находится в спокойном магнитном поле, свойственном немагнитным породам, в пределах полей развития триасовых осадочных отложений большой мощности. Массивы, размещающиеся

внутри контура положительных магнитных аномалий, — Седловский, Тургинский (см. рис. 1) — безрудны в отношении олова и вольфрама, но несут флюоритовое оруденение. Таким образом, площади развития слабо намагниченных образований неблагоприятны для редкометального оруденения.

На основе анализа гравитационного и магнитного полей Восточного Забайкалья устанавливается комплекс признаков, фиксирующих массивы с олово-вольфрамовым оруденением. Поэтому комплексу к рудоносным могут быть отнесены лишь те массивы, которые обладают следующими характеристиками: приурочены к региональным гравитационным ступеням; расположены в спокойных отрицательных магнитных полях, либо на границе слабых положительных аномалий магнитного поля; отмечаются локальными гравитационными минимумами, причем площадь выходов массивов на поверхность по отношению к площади этих аномалий не превышает 15 %; представлены преимущественно немагнитными гранитами. Сочетание перечисленных прогнозных признаков необходимо, чтобы отнести массив гранитов к потенциально рудоносным. При отсутствии даже одного из предложенных признаков массив должен быть переведен в ранг неперспективных.

Комплекс прогнозных геофизических признаков молибден-вольфрамового оруденения в Центральном Казахстане и Западном Забайкалье имеет ряд особенностей. Они связаны с тем, что граниты, перспективные на это оруденение, в отличие от Восточного Забайкалья, магнитны и отмечаются положительными аномалиями магнитного поля. Поэтому, во-первых, затруднено использование регионального прогнозного признака рудоносности массивов, определяемого взаимным расположением массива и контура региональной положительной магнитной аномалии, в том виде, как это предлагается для немагнитных олово-вольфрамовых массивов Восточного Забайкалья. Во-вторых, появляется возможность по локальному магнитному полю, создаваемому массивами гранитов, проводить картирование участков преимущественного развития аляски-товых гранитов, с которыми непосред-

Отличительная особенность гранитов, перспективных на молибден-вольфрамовое оруденение — их магнитность. Поэтому таким гранитам всегда соответствуют положительные аномалии магнитного поля. Закономерность размещения рудоносных массивов в немагнитных вмещающих породах и на границе намагниченных вулканогенных образований в Центральном Казахстане сохраняется. Массивы Байназар, Акчатау, Восточно-Коунрадский приурочены к границам позднепалеозойского вулканического пояса, отмечающегося региональным магнитным максимумом. Внутри него месторождения неизвестны, а рудопроявления редки. В случае положения массивов на границе с намагниченными образованиями магнитные аномалии связаны как с самими массивами, так и с вмещающими вулканогенными породами, и тогда гранитные массивы оказываются внутри контура региональной магнитной аномалии. Поэтому необходимо всегда выяснять геологическую природу магнитных аномалий.

При оценке рудоносности пермских массивов гранитов Центрального Казахстана по комплексу прогнозных геофизических признаков (см. табл. 2) перспективными на молибден-вольфрамовое оруденение можно считать три массива с известными рудопроявлениями — Саранский, Южно-Кузалинский, Селтецкий и два (Улькен-Каракуу и Есектау) с неустановленной рудоносностью. Кроме того, к перспективным массивам, учитывая их сравнительно невысокую эродированность (20—30 %), могут быть отнесены также Айртау, Керегетас и Текантас.

Как уже говорилось, массивы гранитов, перспективные на молибден-вольфрамовое оруденение, отмечаются положительными магнитными аномалиями амплитудой 200—500 нТл. Рудоносным массивам обычно соответствуют сложные дифференцированные аномалии магнитного поля, часто занимающие гораздо большие площади, чем сами массивы, контуры которых определяются по гравитационному полю. Анализ магнитных полей и сопоставление их с магнитными свойствами пород, слагающих массивы, позволили

сделать вывод о неоднородности внутреннего строения рудоносных массивов. Они представлены аляскистыми и биотитовыми гранитами перми, которые обычно пространственно совмещены с более магнитными интрузиями гранодиоритов каменноугольного возраста. По магнитному полю устанавливается различное соотношение площадей пермских и каменноугольных гранитоидов. Последние либо почти целиком опоясывают массивы гранитов (Акчатау), либо имеют сопоставимые с ними площади, либо слагают тела незначительных размеров над их нескрытой кровлей (Байназар).

Указанные разновидности гранитоидов различаются по магнитным свойствам: намагниченность аляскитовых гранитов составляет 0,1—0,4, биотитовых 0,2—0,8 и гранодиоритов 0,8—3 А/м. Редкометальное оруденение, связанное с аляскистыми гранитами, отличающимися пониженной намагниченностью. Поэтому их выявление затруднено на фоне более магнитных пород. Но в ряде случаев оказывается возможным изучать по интенсивности магнитного поля внутреннее строение массивов, выделяя площади преимущественного развития тех или иных разновидностей гранитоидов.

Остановимся на одном из массивов — Акчатау (рис. 3). По наибольшей интенсивности магнитного поля здесь выделены участки развития гранодиоритов, опоясывающих массив почти сплошным кольцом, а по наименьшей — аляскистов. Аляскистовые граниты слагают центральную часть площади массива, определенной по гравитационному полю, а также его восточную часть. Все известные здесь рудные тела сконцентрированы на двух участках (см. рис. 3), расположенных в контуре слабо намагниченных пород. Тела, развитые в пределах гранитного купола (первый участок), приурочены к аляскитам либо выходящим на поверхность, либо выделенным по магнитному полю. Второй участок, характеризующийся распространением адалеллитов, отмечается повышенными значениями поля. Присутствие на глубине аляскистов устанавливается именно на основании того, что данный участок находится в кон-

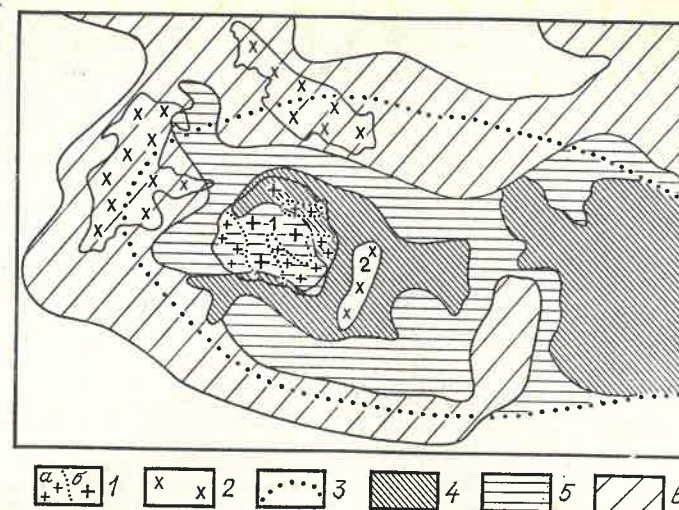


Рис. 3. Картирование Акчатауского рудного района по магнитному полю (интерпретация выполнена по карте ΔT_а, составленной Л. Н. Котляревским и Г. А. Сироткиным)

1 — пермские граниты: а — аляскистовые, б — биотитовые; 2 — гранитоиды (преимущественно гранодиориты) каменноугольного возраста; 3 — контур над-

интрузивной зоны, соответствующий локальному гравитационному минимуму; 4—6 — гранитоиды, выделенные по интенсивности магнитного поля (нТл): 4 — пермские аляскистовые граниты (менее 350), 5 — пермские биотитовые граниты (350—500), 6 — гранодиориты каменноугольного возраста (более 500); 1 — 2 — участки с молибден-вольфрамовым оруденением

туре развития слабо намагниченных пород. Это предположение подтверждено бурением. Таким образом, можно считать, что вся площадь распространения аляскистовых гранитов, выделенная по магнитному полю, перспективна на поиски новых рудных тел.

Массивы с редкометальным оруденением, как уже отмечалось, характеризуются сложным магнитным полем, связанным с их неоднородным строением. Эти данные согласуются с представлениями других исследователей, указывающих на сложность, многофазность и неоднородность состава редкометальноносных массивов [7]. Для некоторых из них характерно зональное строение (Акчатау). Их центральная часть представлена аляскитами, краевые части — биотитовыми гранитами. К внешнему контуру массивов приурочены пластовые интрузии гранодиоритового состава мощностью 1—2 км при общей мощности гранитных массивов 6—10 км. С указанными массивами связаны штокверковые и жильные молибден-вольфрамовые месторождения кварцево-грейзенового типа, обычно располагающиеся над слепыми куполами кровли массивов, сложенными аляскитами.

Байназарский плутон, по результатам интерпретации магнитного поля,

в отличие от массива Акчатау представлен в основном аляскистовыми гранитами [4]. Допермские гранитоиды слагают локальные тела относительно малых размеров. В районе установлены месторождения редких металлов. Два из них характеризуются молибден-шеелитовой минерализацией (гумбеитовый тип), в отличие от кварц-грейзеновой минерализации массива Акчатау. Возможно, что указанные отличия в строении этого массива и Байназар, выявленные геофизическими методами, отражают геологический контроль типа месторождений и их минерализации.

Комплекс геофизических признаков молибден-вольфрамового оруденения, рассмотренный для Центрального Казахстана, сохраняется и для Западного Забайкалья. Здесь рудоносные Булуктайский и другие массивы Джидинского района расположены в области региональных гравитационных ступеней первого порядка I и II (рис. 4). Эти ступени, совпадающие с зонами сочленения вулканогенно-осадочных отложений кембрийского возраста Джидинского синклинория и массивов палеозойских интрузий, картируют подвижные зоны, с которыми связаны редкометальные юрские интрузивы. В период образования интрузивов

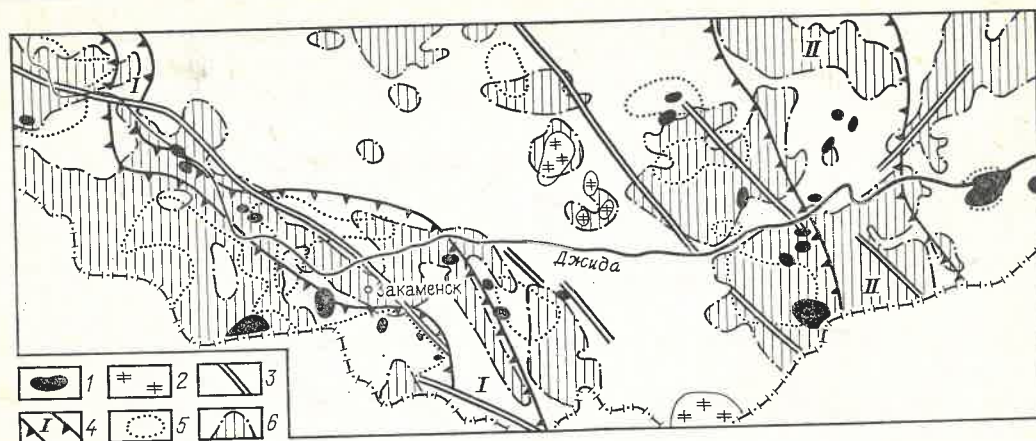


Рис. 4. Схема расположения юрских гранитных интрузий Западного Забайкалья

1 — аляскитовые граниты и гранит-порфиры раннеюрского возраста; 2 — щелочные сиениты; 3 — глубинные разломы; 4 — региональные гравитационные

Джидинской синклиналий играл роль инертной структуры, в качестве ее подвижного каркаса выступали поднятия, сложенные в современном срезе гранитоидами кислого состава.

Молибден-вольфрамовые месторождения Западного Забайкалья приурочены к мелким штокам аляскитовых гранитов или гранит-порфиров юрского возраста, расположенных в краевых частях интенсивных локальных гравитационных минимумов. Обычно площади выходов их на поверхность составляют первые проценты от площадей локальных минимумов силы тяжести (табл. 3).

Важно отметить специфику геологической природы локальных гравитационных минимумов в Западном Забайкалье. В Восточном Забайкалье и Центральном Казахстане установлено,

ступени первого порядка и их индексы (I-I, II-II); 5 — локальные гравитационные минимумы, связанные с массивами гранитов; 6 — положительные аномалии магнитного поля ΔT_a

что эти аномалии связаны исключительно с гранитоидами редкометальных комплексов, в Западном Забайкалье локальные гравитационные минимумы могут быть вызваны гранитами редкометального комплекса как юрского, так и палеозойского возраста. Последние широко развиты в регионе и практически не отличаются по плотности от интрузивов редкометального комплекса. Поэтому формально локальный признак рудоносности массивов сохраняется: площадь выходов гранитов, несущих молибден-вольфрамовое оруденение, не превышает 15 % от площади локального гравитационного минимума, в краевых частях которого расположены эти выходы.

Рудоносные массивы Западного Забайкалья повсеместно связаны с положительными магнитными аномалиями.

Таблица 3

Характеристика раннеюрских гранитных массивов Западного Забайкалья

Название	Масштаб молибден-вольфрамовой минерализации	Приуроченность к региональным гравитационным ступеням	Отношение площадей выходов массива и аномалий силы тяжести, %	Приуроченность к положительным магнитным аномалиям
Булуктайский Бом-Горхон	Месторождение »	II Региональная ступень	2 9	Внутри контура Совпадает с контуром
Торейский Инкурский	Рудопроявление Безрудный	I	170 Аномалия отсутствует	Вне контура То же

Эта связь определяется рядом факторов. Во-первых, рудоносные массивы либо слабо намагничены, либо магнитны и фиксируются положительными магнитными аномалиями. Во-вторых, рудоносные массивы закономерно приурочены к интрузиям гранодиоритового состава, которые картируются интенсивными магнитными аномалиями. В тех случаях, когда с гранодиоритами ассоциируют намагниченные граниты, магнитное поле создается обоими объектами. Поэтому массивы, несущие оруденение (см. табл. 3), отмечаются сложным дифференцированным магнитным полем и расположены либо на границе, либо внутри контура положительных магнитных аномалий, связанных с гранодиоритами. В отдельных случаях магнитные аномалии вызываются самими рудоносными массивами. Безрудные массивы в магнитном поле не выделяются.

Таким образом, исходя из сформулированных выше прогнозных признаков, известное Торейское вольфрамовое рудопоявление нельзя считать перспективным (см. табл. 3).

В заключение можно сделать следующие выводы.

1. Для трех редкометальных провинций — Западного и Восточного Забайкалья, Центрального Казахстана — установлена единая совокупность характеристик гравитационного и магнитного полей, контролирующая размещение рудоносных гранитных массивов.

2. Для рудоносных массивов всех трех регионов характерно сочетание локальных гравитационных минимумов с региональными гравитационными ступенями. Выходы массивов на поверхность по отношению к площади этих минимумов составляют не более 10—15 %. В Западном и Восточном Забайкалье — складчатых системах, претерпевших активизацию, — массивы рудоносных гранитов приурочены к гравитационным ступеням первого порядка. В Центральном Казахстане эти массивы являются постороженными и связаны со ступенями второго порядка.

3. Редкометальные граниты, несущие олово-вольфрамовое и молибден-вольфрамовое оруденение, различаются по магнитным свойствам. Массивы с олово-вольфрамовым оруденением

(Восточное Забайкалье) преимущественно немагнитны и располагаются в немагнитных породах или на границах региональных положительных аномалий магнитного поля. Массивы с молибден-вольфрамовым оруденением (Западное Забайкалье и Центральный Казахстан) магнитны и обычно пространственно совмещены с более магнитными гранодиоритами ранних комплексов. Все эти породы отмечаются положительными дифференцированными аномалиями магнитного поля. Аляскитовым гранитам, с которыми связано оруденение, соответствует относительно пониженное магнитное поле.

4. Использование совокупности прогнозных геофизических признаков позволило выделить в Центральном Казахстане ряд массивов, перспективных на редкометальное оруденение.

5. Можно предположить, что комплекс геофизических признаков прогноза редкометального оруденения прецедентного типа, установленный для трех изученных регионов, окажется эффективным и для других редкометальных провинций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Марков К. А., Никитин Н. В. Роль магматических факторов в формировании редкометального оруденения Западного Забайкалья. — В кн.: Структурные и магматические факторы контроля эндогенного оруденения. Л., 1975, с. 18—22. (Тр. ВСЕГЕИ, т. 230).
2. Мастюгин Л. А. Структура «гранитного» слоя Забайкалья по геофизическим данным. — Изв. Забайкальского филиала географического общества СССР, 1967, т. 3, вып. 2, с. 3—22.
3. Менакер Г. И. Строение земной коры и закономерности пространственного размещения рудных месторождений в Центральном и Восточном Забайкалье. — Геология рудных месторождений, 1972, № 6, с. 3—17.
4. Объемное геологическое картирование редкометальных рудных районов/А. А. Духовский, И. И. Акромовский, В. С. Аглонов и др. [Методическое пособие по геологической съемке масштаба 1:50 000]. Вып. 8. Л.: Недра, 1981.
5. Объемное геологическое строение Шерловгорского района Восточного Забайкалья/А. А. Духовский, Н. А. Артамонова, М. Н. Молоткова и др. — Докл. АН СССР, 1979, № 6, т. 247, с. 1444—1448.
6. Огородников В. Д. Элементы мезозойской структуры и закономерности пространственного размещения месторождений полезных ископаемых Восточного Забайкалья (по геофизическим данным). Автореф. канд. дис. Томск, Томск. политехн. ин-т, 1970.

7. Рундквист Д. В., Денисенко В. К., Павлова И. Г. Грейзеновые месторождения. М.: Недра, 1971.
8. Смолянский Е. И. Об основных закономерностях в пространственном размещении молибденовых и вольфрамовых месторождений в Джидинском рудном районе.— Тр.

90-летие Нестора Ивановича Толстихина



Исполнилось 90 лет заслуженному деятелю науки и техники РСФСР, доктору геолого-минералогических наук, профессору Нестору Ивановичу Толстихину — основоположнику таких ключевых направлений, как региональная гидрогеология, учения о минеральных водах и мерзлой зоне литосферы.

Н. И. Толстихин родился в 1896 г. в Хабаровске. В 1923 г. он окончил Московский государственный университет.

Производственную и научную деятельность Нестор Иванович начал еще будучи студентом в 1917 г., с 1917 по 1923 гг. он работал в Прибайкалье, Тункинском междуречье. Его учителями были известные геологи А. В. Львов, А. П. Павлов, М. В. Павлова, Г. Ф. Мирчинк, Н. Н. Славянов и О. К. Ланге. После окончания МГУ в 1924—1928 гг. Н. И. Толстихин работал в Средней Азии в Управлении водного хозяйства, где изучал гидрогеологию бассейнов рек Чирчика, Ангrena и Келеса в связи с проектированием мелиоративных систем.

В 1928 г. Н. И. Толстихин поступает в Геолоком. Сферой его деятельности становятся Сибирь и Дальний Восток. Он занимался проблемами региональной геологии и гидрогеологии, минеральных вод, подземных вод районов многолетней мерзлоты. Еще в довоенный период им опубликован ряд работ по гидрогеологии Восточной Сибири; с 1937 по 1948 гг. Н. И. Толстихин — главный редактор издания «Гидрогеология СССР». Под его редакцией вышла серия очерков по гидрогеологии различных районов нашей страны.

- Вост.-Сиб. геол. ин-та. Сер. геол., вып. 1, 1960, с. 20—38.
9. Тектоническое строение Казахстана по геофизическим данным/Г. Р. Бекжанов, В. Н. Любешкий, Л. Д. Полевая и др. Алма-Ата: Наука, 1975.

Круг интересов Н. И. Толстихина весьма широк, еще с начала своей научной деятельности он уделял большое внимание выявлению закономерностей распространения и формирования подземных вод, постепенно расширяя сферу интересов от гидрогеологии районов до гидрогеологии СССР и отдельных континентов. Важное значение имела его совместная с Д. И. Щеголевым работа о подземных водах в трещиноватых породах. На основе многолетнего изучения сибирских лечебных вод Н. И. Толстихин выделил и обосновал провинции минеральных вод СССР, выступив с докладом об их особенностях на XVII Международном геологическом конгрессе в Москве в 1937 г. В его монографии «Подземные воды мерзлой зоны литосферы» (1941 г.) сформулированы основные аспекты формирования, распространения и использования подземных вод районов многолетней мерзлоты. За этот труд Н. И. Толстихину была присвоена ученая степень доктора геолого-минералогических наук.

В послевоенные годы Н. И. Толстихин сосредоточил свои усилия на разработке проблем региональной гидрогеологии, им были определены принципы гидрогеологического районирования, зональности подземных вод, гидрогеологического картирования, гидрогеологии дна Мирового океана.

Большая работа была проведена им в связи с изданием 50-томной «Гидрогеологии СССР» в качестве заместителя главного редактора и составителя ряда томов (1960—1976 гг.). Значительное развитие в его трудах получило учение о минеральных водах. Им составлена первая карта минеральных вод СССР, сформулированы условия формирования минеральных вод, обосновано выделение их основных классов и типов.

В учении о мерзлой зоне литосферы Н. И. Толстихиным внесен большой вклад в разработку теоретических основ образования и распространения многолетней мерзлоты, ее взаимодействия с подземными водами. Им дана классификация подземных вод районов многолетней мерзлоты, обоснована методика гидрогеологических исследований при освоении месторождений подземных вод.

Значительное место в его деятельности занимает педагогическая работа: сначала в различных школах, а затем в народном университете и учительском институте г. Иркутска (1917—1920 гг.), преподавание в Средне-Азиатском государственном университете в г. Ташкенте (1924—1925 гг.). В последующие годы (с 1930 г.) его преподавательская работа проходила в Ленинграде — в химико-технологическом и горном институтах. С 1938 по 1974 гг.

он был заведующим кафедрой гидрогеологии и инженерной геологии Ленинградского горного института. С 1974 г. по настоящее время он является профессором-консультантом кафедры гидрогеологии того же института.

Н. И. Толстихин — автор 200 научных трудов, в том числе 15 монографий. Школа гидрогеологов ЛГИ, которую многие годы возглавлял Н. И. Толстихин, хорошо известна у нас в стране и за рубежом. Ею выпущено более 1000 специалистов, в подготовке которых Нестор Иванович принимал деятельное участие. Его учениками являются 8 докторов и 35 кандидатов наук.

В 1961 г. работа «Гидрогеология СССР» (Госгеолтехиздат, 1959 г.), выполненная Н. И. Толстихиным совместно с Г. Н. Каменским и М. М. Толстихиной, удостоена премии имени академика Ф. П. Саваренского, которая присуждается АН СССР за выдающиеся достижения в области гидрогеологии. В 1981 г. ему было присвоено звание «Почетный раз-

ведчик недр».

За свою многолетнюю научную и педагогическую деятельность Н. И. Толстихин отмечен высокими государственными наградами — орденом Ленина, двумя орденами «Знак Почета» и медалями.

70 лет неутомимой работы по праву сделали Н. И. Толстихина главой советской гидрогеологической школы. Он пользуется огромным уважением не только за исключительные заслуги в науке и воспитании кадров, но и за свои удивительные душевные качества.

Желаем Нестору Ивановичу доброго здоровья и дальнейших творческих успехов.

Е. А. Козловский, Б. М. Зубарев, В. М. Волков, В. Ф. Рогов, А. И. Бабинов, Р. А. Сумба-тов, В. Ю. Зайченко, А. Н. Золотов, Ю. Б. Казмин, Н. Ф. Карпов, А. И. Кривцов, В. А. Максимова, В. А. Чернов, Н. М. Проскуряков, А. И. Жамойда, В. Д. Ломтадзе, В. А. Кирюхин



РЕЦЕНЗИИ

УДК 330.15(049.32)

Н. И. БУЯЛОВ (ВНИГНИ), В. К. ШКАТОВ (МГРИ)

Экономика минерального сырья как наука*

Второе издание монографии С. Я. Кагановича «Экономика минерального сырья» представляет собой полностью переработанное первое издание книги (1975 г.)*. Автором усилена разработка и углублены методологические основы экономики минерального сырья как междоотраслевой науки, призванной активно содействовать интенсивному развитию минерально-сырьевого комплекса страны. Необходимость развития теоретических положений отвечает насущным практическим потребностям совершенствования управления и хозяйственного механизма, а также становлению экономики минерального сырья как науки. Структура книги логически выдержана, в ней последовательно рассмотрены народнохозяйственное значение минерального сырья, предмет и метод экономики минерального сырья, основные понятия и термины, приведена характеристика минерально-сырьевого комплекса СССР, освещены основные проблемы экономики минерального сырья, закономерности развития минерально-сырьевой базы, планово-аналитические проблемы, системы экономических оценок месторождений полезных ископаемых.

Последовательность краткой характеристики народнохозяйственного значения основных групп полезных ископаемых и минерального сырья (глава 1) определяется их экономической классификацией, построенной на признаке преимущественного использования. Извест-

* Каганович С. Я. Экономика минерального сырья. М.: Недра, 1985. Тираж 1800 экз.

ная противоречивость подобной классификации дает основание говорить о необходимости ее последующего совершенствования. Автор приводит правильные, но слишком краткие характеристики народнохозяйственного значения основных групп полезных ископаемых. Было бы желательно дополнить их показателями мировой добычи, конъюнктурными данными, перечнем основных практических проблем по отдельным полезным ископаемым.

В книге впервые обоснованы предмет и метод экономики минерального сырья как науки (глава 2), что представляет собой серьезный вклад в становление экономики минерального сырья как науки. В дальнейшем желательно расширить характеристику описанных методов исследований экономики минерального сырья, в частности метода экспертных оценок и др.

Актуальной проблемой является уточнение понятийного и терминологического аппарата, используемых в экономике минерального сырья (глава 3). В данном случае рассматриваются лишь самые основные понятия и термины.

Общая характеристика минерально-сырьевого комплекса (глава 4) включает и рассмотрение актуальных вопросов совершенствования его управления. При этом автор основное внимание уделяет взаимоотношениям геологоразведочной и горнодобывающих отраслей. Представляется важным обоснование развития элементов хозрасчетных отношений между ними, в частности, при детальной разведке месторождений. Следовало бы больше внимания уделить вопросу совершенствования управле-

ния взаимосвязанных отраслей топливно-энергетического комплекса.

Среди проблем экономики минерального сырья (глава 5) выделяются группы общих, отраслевых и территориальных. Рассматриваются современные методологические и методические проблемы, в постановке и решении которых очевиден приоритет советских ученых. В то же время было бы полезно дать анализ регионально-отраслевых минерально-сырьевых проблем зарубежных стран. В заключение главы убедительно обоснованы основные научные направления развития экономики минерального сырья.

Исследование объективных закономерностей и тенденций развития минерально-сырьевой базы (глава 6) призвано способствовать совершенствованию перспективного планирования и управления. Автор выявляет и изучает экономические закономерности развития минерально-сырьевой базы во взаимосвязи с общими экономическими законами развитого социализма. Им впервые разработано представление об экономическом воспроизводстве минерально-сырьевой базы и показана его специфика. Автор исследует важнейшие особенности современного состояния минерально-сырьевой базы — ухудшение естественных условий воспроизводства и ускорение научно-технического прогресса, способствующие объективной оценке перспектив ее развития.

Методическим аспектам анализа, планиро-

вания и прогнозирования минерально-сырьевой базы посвящена глава 7. Рассматриваются проблемы анализа и оценки состояния минерально-сырьевой базы, экономической эффективности геологоразведочных работ и совершенствования их перспективного планирования, имеющие первостепенное значение для ее интенсивного развития. Выполненный анализ в основном ориентирован на минерально-сырьевую базу твердых полезных ископаемых и не достаточно учитывает специфику подходов и методов применительно к воспроизводству топливно-энергетических ресурсов.

Геолого-экономическую и экономическую оценку месторождений полезных ископаемых на разных стадиях разведки и освоения автор анализирует и обосновывает как функциональную систему (глава 8). Совершенствование основ оценочной практики справедливо выделяется им в качестве одной из центральных проблем экономики минерального сырья и геологоразведочных работ. Автор обосновывает ряд предложений, направленных на совершенствование системы экономической оценки месторождений. Убедительно показана необходимость специальной системы цен, отвечающей задачам формирования минерально-сырьевой базы.

Рецензируемая монография, несмотря на ее сравнительно небольшой объем, имеет основополагающее значение для развития экономики минерального сырья как науки.

Памяти Всеволода Андреевича Вахрамеева

Советская геологическая наука понесла тяжелую утрату. 14 ноября 1986 г. скоропостижно скончался член-корреспондент АН СССР, профессор Всеволод Андреевич Вахрамеев — видный геолог, стратиграф и палеоботаник, ученый с мировым именем, член редколлегии журнала «Советская геология».

Научная деятельность В. А. Вахрамеева была неразрывно связана с Геологическим институтом АН СССР, в котором он проработал свыше полувека. В этом институте в 1955 г. им была создана Лаборатория палеофлористики и стратиграфии континентальных отложений, которой он бесценно руководил до последнего времени.

В. А. Вахрамеев родился 7 февраля 1912 г. в Ярославле. В 1930 г. он поступил в Научный институт по удобрениям и инсектофунгицидам (НИУИФ), в котором проработал до 1935 г. вначале в должности коллектора, а затем геолога. В 1931 г. стал студентом геологоразведочного факультета Всесоюзного заочного индустриального института (ВЗПИ) и закончил его без отрыва от производства в 1938 г. После перехода в 1935 г. в Геологический институт АН СССР Всеволод Андреевич на протяжении ряда лет занимался изучением стратиграфии фанерозоя Казахстана, Южного Урала, Средней Азии. Еще в предвоенные годы он заинтересовался ископаемыми растениями континентальных толщ мела Южного Урала и Актюбинской области. В кандидатской диссертации «Континентальные мезозойские отложения западной части Каменского района и характер их бокситоносности» (1944 г.) В. А. Вахрамеев использовал палеоботанические данные для климатических реконструкций обстановки бокситообразования.

С 1945 г. сначала под руководством А. Н. Криштофовича, а затем самостоятельно Всеволод Андреевич занялся изучением ископаемых растений мезозоя. Он исследовал флору и разработал стратиграфию меловых отложений Западного Казахстана. В 1947 г. выступил со статьей, в которой высказал гипотезу (разделяемую ныне многими палеоботаниками) о том, что первые покрытосеменные появились в горных районах субтропиков. В докторской диссертации (1952 г.) им были решены многие важные вопросы стратиграфии континентальных и морских толщ мелового возраста, а также описывались открытые им впервые древнейшие покрытосеменные.

Приступив в 1950 г. к изучению юрских и меловых флор Вилуйской впадины и Приверхоянья, Всеволод Андреевич в сравнительно короткое время разработал детальную фито-стратиграфию обширной территории, выявил принципиальные различия в составе и развитии юрских и меловых сибирских флор от одновозрастных европейских и южноазиатских. Итоги этих работ были обобщены в монографии «Стратиграфия и ископаемая флора юрских и меловых отложений Вилуйской впадины и прилегающей части Приверхоянского краевого прогиба» (1958 г.).

Обоснованию положения границы юры и мела в бассейне Амура и разработке страти-



графии континентальных толщ этого возраста была посвящена его монография, написанная совместно с М. П. Долуденко — «Верхнеюрская и нижнемеловая флора Бурейского бассейна и ее значение для стратиграфии» (1961 г.). В последующее десятилетие объектом изучения Всеволода Андреевича становятся вопросы географической дифференциации мезозойского растительного покрова Евразии. Полученные результаты были обобщены в двух монографиях — «Юрские и раннемеловые флоры Евразии и палеофлористические провинции этого времени» (1964 г.) и «Палеозойские и мезозойские флоры Евразии и фитогеография этого времени» (1970 г.). Последняя работа, позже переведенная в ГДР, написана им в соавторстве с И. А. Добрускиной, Е. Д. Заклинской и С. В. Мейеном.

В последней монографии «Юрские и меловые флоры Земли и климаты этого времени», завершенной в конце 1985 г. и пока еще не опубликованной, он рассмотрел основные этапы развития наземных флор всех континентов на фоне эволюции палеоклиматов.

Исследовательская работа В. А. Вахрамеева всегда органически сочеталась с научно-организационной. Многие годы он являлся членом редколлегии журнала «Советская геология», входил в состав редколлегии «Палеонтологического журнала» со дня его основания в 1959 г. Свыше 20 лет он был соредактором раздела «Палеонтология» реферативного журнала «Геология». В. А. Вахрамеев выступал с докладами на ежегодных сессиях Всесоюзного палеонтологического общества, почетным членом которого он был избран в 1976 г. Как член бюро Научного совета по проблеме «Пути и закономерности исторического развития животных и растительных организмов» неоднократно организовывал семинары палеоботаников в рамках возглавляемой им комиссии «Растения мезозоя». Весьма плодотворной была деятельность В. А. Вахрамеева в Межведомственном стратиграфическом комитете СССР. Его постоянное участие в работе юр-

Редколлегия обращается к своим читателям и авторам со следующими вопросами:

1. Как Вы оцениваете материалы, помещаемые в журнале, с точки зрения их научной и производственной значимости?
 2. В каком направлении, по Вашему мнению, должна идти возможная перестройка работы журнала?
 3. Какие темы могли бы Вы предложить для новой рубрики журнала, где будут публиковаться статьи в порядке обсуждения?
- Свои ответы и любые соображения об улучшении работы журнала просим направлять в адрес редакции.

ской и меловой комиссий во многом способствовало разработке детальных стратиграфических схем континентальных отложений этого возраста различных районов СССР.

В. А. Вахrameев уделял большое внимание подготовке и воспитанию кадров стратиграфов и палеоботаников. С 1949 по 1963 г. он читал курс палеоботаники в Московском геологоразведочном институте. В. А. Вахrameев являлся соредактором томов «Основы палеонтологии» и автором ряда разделов этой капитальной сводки. Нельзя не отметить разнообразные консультации, которые давались Всеволодом Андреевичем ученым и производственникам.

В. А. Вахrameев достойно представлял советскую геологическую науку за рубежом. Он был делегатом шести сессий Международного геологического конгресса, входил в руководящее ядро ряда международных комиссий. В качестве ответственного исполнителя от Советского Союза принимал участие в исследованиях по проекту № 191 МПГК «Климаты мелового периода». Многие его научные работы переведены на иностранные языки.

За достижения в изучении геологии Сибири В. А. Вахrameев был удостоен одной из высших наград АН СССР — премии им. В. А. Обручева. В 1979 г. он избирается членом-корреспондентом Академии наук СССР.

Заслуги В. А. Вахrameева перед государством отмечены орденами Трудового Красного Знамени, «Знак Почета» и медалями. Трудящиеся Октябрьского района г. Москвы избрали его в районный Совет народных депутатов.

Светлая память о Всеволоде Андреевиче Вахrameеве — крупном советском ученом — навсегда сохранится в сердцах тех, кто его знал и с ним работал.

Е. А. Козловский, Б. М. Зубарев, В. М. Волков, В. Ф. Rogov, А. И. Бабилов, Р. А. Сумба- тов, В. Ю. Зайченко, А. Н. Золотов, Ю. Б. Каз- мин, Н. Ф. Карпов, А. И. Кривцов, В. А. Мак- симов, В. А. Чернов, А. Л. Яншин, Б. С. Соко- лов, В. В. Меннер, Ю. М. Пушаровский, П. П. Тимофеев, В. А. Крашенинников, С. В. Мейен, М. А. Ахметьев, Е. Л. Лебедев, М. П. Долуденко

Contents

DECISIONS OF THE XXVII-TH CONGRESS
OF THE CPSU SHOULD BE BROUGHT
INTO LIFE

Local prediction of deposits and main tasks of further investigations	3
Zolotov A. N., Lebedev B. A., Samso- nov V. V.	
Oil and gas accumulation zones being the targets of local prediction	5
Nesterov I. I., Shpilman V. I., Plav- nik G. I., Sudat L. G.	
Local prediction technique of oil and gas presence	16
Ruchkin G. V., Konkin V. D., Volo- din R. N.	
Principles of metallogenic zonation of the Precambrian of the USSR for strati- form non-ferrous metal ores	26
Vedernikov N. N., Batalin Yu. V., Axe- nov E. M., Mikhaylov A. S., Tikhvin- skiy I. N., Fayzullin R. M., Shaman- skiy I. L.	
Present knowledge and tasks of the pre- diction of non-metals	36
Filatov E. I., Shiray E. P.	
A formation analysis in prediction	45
Stolpner M. N., Fokin A. F., Chup- rov V. V., Burde A. I.	
Procedure principles of geophysical mea- surements in the local prediction of mi- neral deposits	56
Kazhdan A. B.	
Pre-conditions of efficient local prediction of the presence of ore	63
Apeltsin F. P.	
On some methodological problems of the local prediction	69
Ivanov V. V., Beskin S. M., Zubov M. A., Lishnevskiy E. N., Tsyganov A. E.	
Methods of the local prediction of rare- metallic deposits	73

ENERGY RESOURCES

Nazarkin L. A.	
Dependence of gas presence in the Per- mian, Mesozoic and Cenozoic sediments on the paleoclimatic conditions of their deposition	76

STRATIGRAPHY AND PALEOGEOGRAPHY

Sadovnikov G. N.	
On the stratigraphy of Permian-Triassic sediments of the Tunguskiy basin	84

REGIONAL GEOLOGY AND TECTONICS

Fedorov E. G.	
Olistostroms and olistolites in the Carbo- niferous sediments building the South Tien Shan Mountains	89

MINERALOGY, PETROGRAPHY, LITHOLOGY

Kapustin Yu. L.	
Kimberlites, kimberlite-like rocks and a problem of diamond presence in volca- nic pipes	96

GEOPHYSICS AND DEPTH STRUCTURE

Molotkova M. N.	
Prediction geophysical evidence of rare- metallic deposits in the Baikal region and Central Kazakhstan	110
The 90-th anniversary of Nestor Ivano- vich Tolstikhin	122

BOOK REVIEWS

Buyalov N. I., Shkatov V. K.	
Economics of mineral raw material as science	123
In commemoration of Vsevolod Andre- evich Vakhrameev	125

Вниманию авторов!

Журнал «Советская геология» публикует статьи, освещающие наиболее актуальные проблемы общей и региональной геологии, стратиграфии, палеонтологии, петрографии и минералогии, геохимии, тектоники, гидрогеологии и инженерной геологии, геофизики, изучения месторождений полезных ископаемых; вопросы, связанные с исследованием геологического строения и закономерностей размещения месторождений нефти, угля, металлических и неметаллических полезных ископаемых; вопросы методики и экономики геологоразведочных работ, оценки месторождений и т. д.

В журнале печатаются также статьи по дискуссионным проблемам геологии, помещаются итоговые материалы конференций и совещаний, посвященных актуальным вопросам геологической науки и практики.

При подготовке статей к опубликованию авторам необходимо строго руководствоваться следующими правилами.

1. Объем статьи не должен превышать 20 страниц машинописи (включая таблицы и список литературы); текст и таблицы необходимо печатать через два интервала, на одной стороне листа, поля оставлять с левой стороны; все страницы рукописи пронумеровать.

2. В редакцию представляются два экземпляра рукописи (1-й и 2-й) и реферат (0,5—1 с).

3. Рисунки к статье прилагаются также в двух экземплярах в отдельном конверте. На обратной стороне каждого рисунка надо написать его порядковый номер, фамилию автора и название статьи. Рисунки можно представлять на кальке, ватмане или в виде фотоснимков (только на глянцевой бумаге). Графика должна быть схематизирована и не перегружена деталями, чтобы четко читаться при уменьшении до размера страницы журнала. Количество рисунков должно быть не более четырех на 20 страниц рукописи. Подрисовочные подписи необходимо напечатать отдельно. Цветные рисунки и фотографии не принимаются.

4. Список литературы имеет сквозную нумерацию и составляется в алфавитном порядке: на фамилию первого автора, если авторов не более трех, и на первое слово заглавия, если авторов более трех; в последнем случае авторы указываются сразу после названия работы; иностранная литература помещается после отечественной. Ссылки в тексте на использованную литературу даются соответствующим порядковым номером в квадратных скобках. В список литературы не следует включать работы, на которые нет ссылок в тексте статьи, а также неопубликованные работы. Список литературы должен содержать не более 15 работ.

5. Математические формулы и химические символы вписываются в текст четко от руки тушью или чернилами. Во избежание ошибок следует тщательно писать буквы, имеющие сходные как прописные, так и строчные начертания (V, S, O, M, P, Z). Греческие буквы надо обвести красным карандашом, латинские — синим (кроме химических символов).

6. Цитаты следует тщательно проверить: точность приведенной цитаты должна быть заверена подписью автора на полях; необходимо указать источник (автор, название статьи или книги, издательство, год, страница).

7. Рукопись должна быть подписана автором (авторами) в конце ее нужно указать фамилию автора, имя и отчество (полностью), место работы, занимаемую должность, ученую степень, адрес и телефон (домашний и служебный).

В случае несоблюдения изложенных правил рукописи не принимаются и возвращаются авторам.

Мера 23-4

1 р. 60 к.

Индекс 70824

СОВЕТСКАЯ ГЕОЛОГИЯ, 1987, № 2, 1-128